1

ROZDZIAŁ PIERWSZY.

O ruchu. O siłach. O ciężkości. O ciążeniu.

(Про рух. Про сили. Про вагу. Про тяжіння.)

§ 1. Ciała. (Тіла.)

Mamy wciąż do czynienia z różnemi rzeczami czyli przedmiotami; w nauce nazywamy je *ciałami*. Sprzęty nasze naprzykład, naczynia, narzędzia, budynki, odzież nasza, potrawy, napoje, dalej kamienie, rośliny, zwierzęta — są to ciała. Drobne ziarnko piasku jest ciałem, olbrzymia góra jest ciałem. Zarówno kawałek żelaza jest ciałem, jak chmura na niebie, jak dym, uchodzący z komina. Woda, płynąca rzeką, jest ciałem; ciałem jest też powietrze, w którem jesteśmy zanurzeni.

Ciała zajmują i wypełniają miejsce; powiadamy, że każde ciało ma pewną *objętość*. Góra np. ma pewną objętość i ziarnko piasku ma pewną objętość; tylko góra ma znacznie większą objętość. Wnętrze dzbana ma większą objętość niż szklanka; powiadamy, że dzban ma większą *pojemność* niż szklanka.

Weźmy duży arkusz papieru i niewielki klocek drewniany. Arkusz papieru ma mniejszą *objętość* niż klocek; jeśli włożymy po kolei jedno i drugie do dzbana pełnego wody, zobaczymy, że klocek wypycha znacznie więcej wody. Ale arkusz papieru ma znacznie większą *powierzchnię* niż klocek; istotnie, możemy klocek owinąć papierem i nie tylko raz, ale kilka razy. Dlaczego papier, pomimo znacznej powierzchni, ma nieznaczną objętość? Ponieważ papier ma grubość nieznaczną. Kawałek drutu, równie długi jak ołówek, będzie miał objętość mniejszą niż ołówek, ponieważ jest mniej gruby, czyli ponieważ ma mniejsze poprzeczne *przecięcie* ~~powierzchnię przecięcia ołówka przedstawia nam niezatemperowany jego koniec~~. Ale bardzo długi drut może mieć takąsamą objętość jak ołówek, jeśli mniejsze ~~jej~~ przecięcie wynagrodzi znacznie większą długością.

тілами

(обєм).

(поємність)

(поверхність)

(перекрій)

§ 2. Wymiary. (~~Виміри~~).

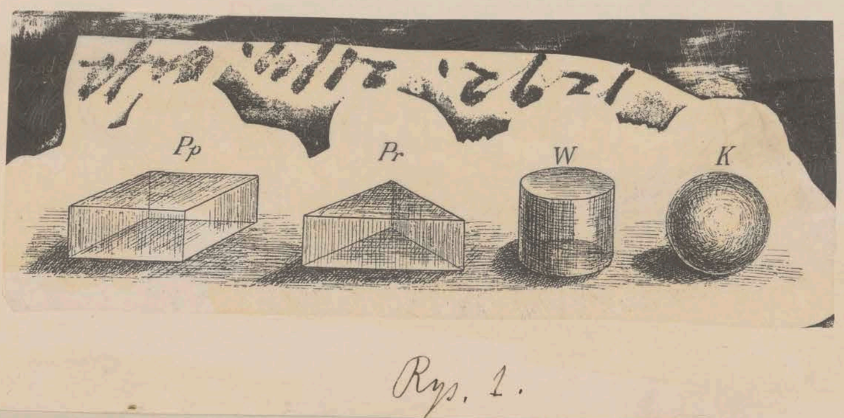
Pokój ma pewną wysokość, szerokość i długość√; mó- wimy, że są to trzy wymiary√ pokoju. Podobnie piec, stół, szafa, skrzynia, pudełko, i każde wogóle ciało ma trzy wymiary. Ćwiartka papieru np., prócz szerokości i długości, musi mieć pewną grubość, inaczej zeszyt, złożony ze stu takich ćwiartek, nie miałby również grubości. Niema też tafelki lub blaszki, którąby nie miała pewnej, choćby bardzo nieznacznej, grubości.

√ (висота, ширина і довгота)
√ виміри

Gdybyśmy mogli chodzić po ścianie pokoju, jak mucha, wówczas ~~[illegible]~~ szerokość pokoju wydawałaby nam się jego wysokością. Zatem trzy wymiary pokoju niczem się właściwie pomiędzy sobą nie różnią; nazywamy je wysokością, długością, szerokością li tylko ze względu na nasze własne w tym pokoju położenie.

Są ciała, które mają wysokość, długość i szerokość wszędzie jednakową; takie ciało widzimy na rysunku 1-ym pod znakiem Pp; (wszystkie) boczne jego strony (nazywamy je prostopadłościanem√.) są prostokątami; √ciało Pr na tymże rysunku (zwane graniastosłupem lub pryzmatem√) ma wysokość wszędzie jednakową, ale długość i szerokość w różnych miejscach rozmaitą. Tosamo można powiedzieć o walcu (rys. 1, W).

√ рівнобіжностінник прямокутний
√ (граняник 3 або призма)



Ryp. 1.

Kula (rys. 1,K) ma w każdem miejscu inną wysokość, inną szerokość i ~~inną~~ długość; ale w każdem miejscu ma ona jakąś określoną wysokość, szerokość i długość. Każde ciało ma, w każdem miejscu, trzy i tylko trzy wymiary.

§3. Powierzchnie i linie. Przedmiot Geometryi.

~~(Поверхности и линии. Предмет Геометрии.)~~

Czy sufit ma trzy wymiary? czy ma je podłoga, droga, ulica? Nie; ale sufit, podłoga, droga, ulica nie są to rzeczy, nie są to ciała; są to powierzchnie (поверхности). Każde ciało ma powierzchnie, któremi jest ograniczone; np. deska ma powierzchnie. Lecz powierzchni tych nie można zdjąć z deski, gdyż najcieńsza nawet warstewka, skrojona z deski ma pewną grubość i nie jest powierzchnią. Powierzchnia deski nie jest więc częścią deski, ale własnością deski: powierzchnie wogóle nie są ciałami, lecz własnościami ciał. ~~Dla tego~~ Powierzchnie zatem nie mają trzech wymiarów; mają tylko dwa wymiary.

Najcieńsza nić, lub włosek ledwie widzialny, musi mieć trzy wymiary. Lecz brzeg ćwiartki papieru ma tylko jeden wymiar, mianowicie długość. Albowiem brzeg ćwiartki papieru nie jest ciałem, lecz własnością ciała. Ogranicza on powierzchnię ćwiartki, tak samo jak powierzchnia deski ogranicza samą deskę. Taka granica powierzchni nazywa się linią.

W wielu razach obchodzą nas tylko wymiary i kształty pewnych ciał, inne zaś własności tych ciał są nam obojętne. Ile np. obicia potrzeba do wytapetowania ścian pokoju, nie zależy od barwy tego obicia; ile książek pomieści się na półce, nie zależy od rodzaju drewna, z którego półka jest wyrobiona. Geometrya jest nauką, w której zajmujemy się wymiarami i kształtami ciał, nie zważając na to, czy owe ciała są wyrobione z drewna, z metalu czy ze szkła, czy są czerwone lub zielone, ciężkie czy lekkie i t.d.

↓ (w § 1.) ~~(О міренню.)~~ 4

↓ znów |, Γ zaś

↓ długości

Γ jest

| długości. ~~(Одиниці метричні довготи.)~~
(одиницею довготи.

| długość

⊢ c)

⊥ obwodu

└ (A cap)

↑ jeden

(A cap.) └ Stopa angielska (=12 cali ang.) jest równa ~~wynosi tyle, ile~~ 30,48 cm; mila (zwykła, niezupełnie jednakowa ~~długa~~ w rozmaitych krajach) wynosi około 7.5 kilometra; mila t. zw. geograficzna wynosi 7.42 kilometra.

(str. 5)

§ 6. Jednostki metryczne pola i objętości.

~~(Одиниці метричні поля і обєму)~~

Podobnie, jak długości można porównywać tylko z pewną długością, rozległości powierzchni, czyli pola, można porównywać tylko z rozległością pewnej powierzchni, czyli z pewnem polem. V пола Jednostką długości jest, jak wiemy, pewna, raz na zawsze obrana długość, mianowicie metr; podobnie jednostką pól jest pewne, raz na zawsze obrane pole. Metryczną jednostką pól jest metr kwadratowy (метер квадратовий) (m^2) czyli pole kwadratu, którego boki mają każdy po 1 metrze długości. Inną jednostką pól jest t. zw. ar (a), który jest równy 100 metrom kwadratowym. Sto arów nazywamy hektarem (ha). Ar zatem można wyobrazić jako kwadrat o bokach, równych 10 metrom każdy; hektar jako kwadrat o bokach, równych 100 metrom każdy. Obie te jednostki pola bywają używane przy pomiarach powierzchni gruntu.

Pragnąc mierzyć objętości, musimy znowu posługiwać się pewną, raz na zawsze obraną objętością, którą nazywamy jednostką objętości. Taką jednostką objętości metryczną jest metr sześcienny (метер шестистінний) (m^3) czyli objętość sześcianu, którego krawędzie mają każda pełnym metrze długości. Objętość sześcianu, którego krawędzie mają każda po 1 decymetrze długości, nazywa się decymetrem sześciennym lub krócej litrem (l). Metr sześcienny zawiera zatem 1000 litrów.

Miary metryczne zostały po raz pierwszy ustanowione we Francyi, w końcu XVIII-go stulecia, przez komisyę uczonych; następnie, jako nadzwyczaj dogodne, upowszechniły się w wielu innych krajach i państwach.

§ 7. ~~Ruch~~ √

Jeśli ktoś stał na środku pokoju a później widzimy go koło drzwi, powiadamy, że *zmienił miejsce* w pokoju. Gdybyśmy byli ciągle nań zważali, bylibyśmy zobaczyli, jak przeszedł od środka pokoju do drzwi; bylibyśmy widzieli, jak się *poruszał*. Każda zmiana miejsca jest wynikiem *ruchu*√ Co nie zmienia miejsca, to jest w spoczynku t. j. nie porusza się.

Gdy więc chodzi ktoś, biega lub skacze, jest w ruchu; a gdy siedzi lub leży, jest w spoczynku. Kamień, leżący na ziemi, jest w spoczynku. Gdy go podnosimy, jest w ruchu; jeśli go rzucimy, porusza się, dopóki znów nie upadnie na ziemię. Wóz toczy się po drodze; chmury przeciągają po niebie; koło w maszynie się kręci; huśtawka się kołysze, drzewa się chwieją; wszystko to są przykłady ruchu. W sadzawce woda jest zwykle w spoczynku; w strumieniu, w rzece, w wodotrysku — jest w ruchu.

~~(Рух)~~

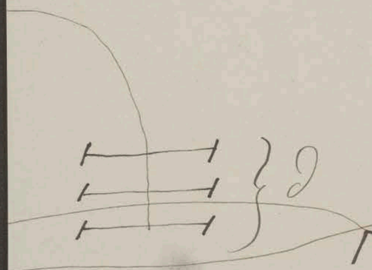
√ руху.

Powinniśmy odróżniać ruch ciał, jako całości, od ruchu ich ~~pojedynczych~~ części. Gdy np. (obraca się) (koło) w maszynie ~~szynie~~, rozmaite punkty koła poruszają się, ale koło jako całość pozostaje w miejscu. Mówimy wówczas, że koło odbywa ruch obrotowy√ Ruch ciała jako całości nazywamy ruchem postępowym√; koło w maszynie nie ma więc ruchu postępowego. Mówiąc o powozie, który toczy się po drodze, powiemy, że koła mają zarazem ruch postępowy i ruch obrotowy, o pudle zaś powozu powiemy, że ma tylko ruch postępowy.

√ (рух оборотовий)

√ (рух поступовий)

√ (наприм)



Γ jak gdyby ‖ = ta

§ 8. Czas (Zac)

Czas ciągle upływa, cokolwiekbądź czynimy: czy pracujemy, odpoczywamy, bawimy się, czy śpimy, czy o nim pamiętamy czy zapominamy. ~~czy go używamy pożytecznie czy też go tracimy i marnotrawimy, czas ciągle upływa.~~ Mijają sekundy ~~idą za sekundami~~, minuty ~~za minutami~~ i godziny ~~za godzinami~~, dni następują po nocach i noce po dniach, upływają ~~mijają~~ tygodnie, miesiące, lata i stulecia, ani się śpiesząc, ani się spóźniając.

Ciągły, jednostajny bieg czasu mierzymy ruchem wskazówek zegarów. Zegar zatem powinien iść jednostajnie. Ażeby się przekonać, czy zegar idzie jednostajnie, porównywamy go z innym sprawdzonym zegarem, np. z zegarem miejskim, z zegarem obserwatoryum astronomicznego. Ale najlepszym zegarem jest sama kula ziemska, na której mieszkamy. Wiemy istotnie, że ziemia obraca się dokoła swej osi; okres czasu, upływający podczas jednego takiego obrotu nazywa się dobą; doba wynosi ~~czyli okresem czasu, wynoszącym~~ 24 godziny, czyli 1440 minut, czyli 86400 sekund.

§ 9. Ruch wymaga czasu.

(Рух вимагає часу.) 8

Żeby ujść kilometr po zwykłej drodze, trzeba mniej więcej kwadransa czasu, czyli 15 minut. Jadąc średnim kłusem końskim, przebywa się kilometr mniej więcej w 5 minut. Pociągowi pośpiesznemu na kolei żelaznej wystarcza na przebycie kilometra jedna minuta. Wystrzelona z działa kula przebiega kilometr w ciągu dwu sekund. Nakoniec ziemia nasza w drodze swej około słońca zużywa na przejście kilometra tylko $\frac{1}{30}$-tą część sekundy. Można by ~~wystawić~~ wyobrazić sobie, że jakieś ciało pędzi tak, iż przebywa kilometr w czasie jeszcze krótszym, np. w ciągu $\frac{1}{100}$-ej albo $\frac{1}{1000}$-ej części sekundy. Ale nie można pomyśleć, ażeby na przebycie kilometra wcale nie potrzebowało czasu; w tejsamej chwili ciało nie może być u początku i u końca tego kilometra. *Wszelki ruch wymaga czasu.*

Kiedy pieniądz wypadnie komu z ręki, wydaje się, jak gdyby w tejsamej chwili już był na ziemi; lecz tak nie jest. Nietrudno jest pochwycić spadający pieniądz w biegu; zanim więc dobiegnie on ziemi, mamy widocznie czas spostrzedz, co się dzieje i wprawić rękę w ruch, ażeby go pochwycić. Rzeczywiście, pieniądz, puszczony z odległości półtora metra od ziemi, dobiegnie jej dopiero po upływie przeszło pół sekundy.

§ 10. Prędkość. (Скорість)

Mówi się, że ktoś idzie *prędko*, jeżeli czas niezbyt długi wystarcza mu ~~zużywa czas niedługi~~ na przebycie pewnej drogi. Jeżeli kto inny tęsamą drogę przebywa w czasie dłuższym, powiadamy, że porusza się mniej prędko czyli z mniejszą *prędkością* (скоростю). Zatem prędkość ruchu jest tem znaczniejsza, im krótszy jest czas, potrzebny do przebycia pewnej oznaczonej drogi. Kula ziemska, jak wiemy z § 9-go, biegnie prędzej niż pociąg pośpieszny; pociąg prędzej niż powóz; powóz jedzie prędzej, niż człowiek pieszo idzie.

Wypuśćmy jednocześnie ze stacyi pociąg pośpieszny i towarowy; po upływie godziny pociąg pośpieszny znacznie wyprzedzi towarowy, t. j. w czasie jednakowym odbędzie drogę dłuższą niż towarowy. Zatem, im prędkość ruchu jest większa, tem dłuższa jest droga, przebywana w jakimś oznaczonym czasie. Kto np. jest ścigany, biegnie jak może najprędzej, bo pragnie przebywać w jednakowym czasie drogę dłuższą, niż ścigająca go pogoń.

§ 11. Prędkość stała i zmienna. (Скорість стала і змінна)

Pociąg, stojąc na stacyi, nie ma wcale prędkości. Kiedy z niej wyrusza, jedzie, jak się mówi, coraz prędzej, t. j. nabiera coraz większej prędkości; więc wówczas t. zw. ruch pociągu jest *przyśpieszony* (прискорений). Rozpędziwszy się należycie, pociąg nie przyśpiesza ale też nie zwalnia biegu; porusza się więc z prędkością *stałą*, czyli porusza się ruchem *jednostajnym* (однostайний). Nareszcie, zbliżając się do następnej stacyi, na której ma stanąć, pociąg zwalnia biegu, więc zmniejsza swą prędkość; tu znowu ruch będzie niejednostajny, ale będzie *zwolniony* (опізнений). A zatem, po wyruszeniu z pierwszej stacyi, prędkość ruchu pociągu jest zmienna, mianowicie zwiększa się; pomiędzy stacyami jest stała, a w pobliżu drugiej stacyi znowu jest zmienna, mianowicie zmniejsza się. —

60
42750 712.5
420
75
150
120
300

8
342 42:75
22
60

Jeśli pociąg, zupełnie rozpędzony i biegnący jednostajnie, przebywa kilometr w ciągu minuty, przebędzie piętnaście kilometrów w ciągu kwadransa, a sześćdziesiąt kilometrów w ciągu godziny. Zatem, czy powiemy, że porusza się z prędkością kilometra na minutę, czy też, że z prędkością sześćdziesięciu kilometrów na godzinę, będzie wszystko jedno, jeśli ruch jest jednostajny, wówczas bowiem prędkość jego jest stała. Zupełnie jest inaczej, jeśli ruch nie jest jednostajny. Np., gdy pociąg się rozpędza, nie jest wszystko jedno, czy zważamy drogę, przebytą w ciągu pierwszej minuty, czy drogę, przebytą w ciągu dziesiątej lub piętnastej minuty. W ciągu kwadransa pociąg przebywa wówczas oczywiście daleko dłuższą drogę, niż gdyby był się ciągle poruszał z prędkością, jaką miał w pierwszej minucie; wówczas bowiem prędkość ruchu zwiększa się co chwila.

Przypuśćmy, że pewien pociąg, wyruszywszy z Krakowa o godzinie ósmej rano, przyjechał do Lwowa o 4ej popołudniu; przebył więc odległość pomiędzy Krakowem a Lwowem, czyli 342 kilometry, w ciągu 8-u godzin. Możemy powiedzieć, że pociąg ten poruszał się ze średnią prędkością 42,75 km na godzinę; gdyby był się poruszał ze stałą prędkością 42,75 km na godzinę (czyli 712,5 m. na minutę) byłby przyjechał z Krakowa do Lwowa dokładnie w tym samym czasie, jaki zużył na tę podróż istotnie. Prawdziwa zaś prędkość pociągu bywała w ciągu podróży bardzo rozmaita, poczynając od prędkości żadnej podczas postoju na stacyach, aż do największej prędkości pomiędzy stacyami, gdzie pociąg musiał oczywiście przebywać więcej niż 712,5 metrów w ciągu minuty.

Jak jednostką długości jest pewna długość, raz na zawsze obrana, np. 1 m lub 1 cm, jak jednostką pól jest pewne pole, raz na zawsze obrane, np. hektar albo 1 cm², jak jednostką okresów czasu jest pewien okres czasu, raz na zawsze obrany, np. sekunda, minuta, doba, zupełnie podobnie jednostką prędkości jest pewna prędkość, raz na zawsze obrana, np. prędkość: 1 cm na sekundę (lub 1 cm/sek). Przytoczone np. w § 9-ym przypadki ruchu możemy wyrazić w sposób następujący: piechur zwykły porusza się z prędkością przeszło 100 cm/sek.; powóz z prędkością przeszło 300 cm/sek.; pociąg pospieszny z prędkością przeszło 1600 cm/sek.; kula armatnia z prędkością 50.000 cm/sek.; kula ziemska z prędkością 3.000.000 cm/sek.

10m 15m 900
1m,1
3,3
16,5
100000 2
50.000
3000000

~~(Рух, зложений з двох рухів)~~ 12 (10)

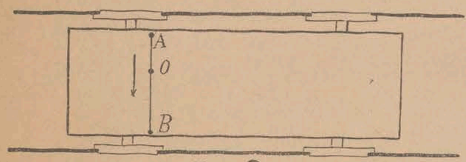
§ ~~3~~. Ruch, złożony z dwu ruchów.

Można jednocześnie chodzić po pokoju i poruszać ręką. Ręka uczestniczy wówczas w ruchu całego ciała t. j. odbywa tensam ruch postępowy, jaki odbywa głowa i tułów; ale prócz tego odbywa swój ruch własny, zupełnie tak, jak gdybyśmy wcale nie szli naprzód, lecz stali w miejscu. Mówimy, że ręka odbywa ~~wykonywa~~ *jednocześnie dwa ruchy:* ruch postępowy całego ciała i ruch własny; lub też, że ręka wykonywa ruch, *złożony* z tych dwu ruchów.

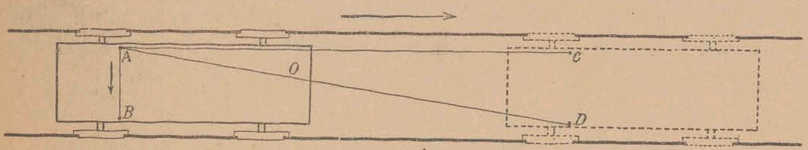
Kiedy w wagonie, który toczy się po szynach, siedzimy nieruchomo, jesteśmy *w spoczynku względem wagonu.* Rzeczywiście, gdy wagon jest zamknięty, ściany jego i osoby, które w nim siedzą, wydają nam się nieruchome i, gdyby nie turkot i wstrząśnienia, moglibyśmy sądzić, że się wcale nie poruszamy. Wyjrzawszy przez okno, widzimy ~~odrazu~~, że uczestniczymy w ogólnym postępowym ruchu wagonu; mianowicie widzimy, że względem ziemi, względem drzew, względem domów, *jesteśmy w ruchu.*

3

Przypuśćmy, że ktoś po wagonie chodzi wszerz, np. od okna do okna. Przypuśćmy, że rys. 3 przedstawia widok tego wagonu, widziany z góry, czyli innemi słowy widok wagonu, jak gdyby przeciętego płaszczyzną poziomą. Niechaj będzie *O* miejscem człowieka w wagonie. Jeśli wagon stoi wówczas w miejscu, wtedy drogą, po której ruch człowieka się odbywa, jest prosta *A B.* Ale jaką drogę odbywa człowiek, jeśli chodzi po



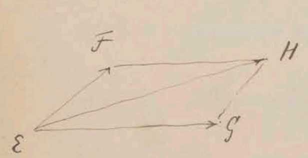
Rys. 3



Rys. 4.

wagonie, biegnącym po szynach (rys. 4.)? Człowiek odbywa wówczas jednocześnie dwa ruchy: 1. chodzi po wagonie wszerz, jak chodziłby po nieruchomym wagonie; 2. posuwa się naprzód wraz z wagonem i ze wszystkiem, co wogóle znajduje się w wagonie. Dzięki pierwszemu ruchowi porusza się on w ciągu sekundy od *A* do *B* (rys. 4.); byłaby to jego droga, gdyby wagon stał w miejscu. Ale wagon w ciągu tej sekundy posuwa się naprzód o długość *AC;* a z nim razem cała droga *AB* jak gdyby posuwała się naprzód, również o długość *AC.* A zatem rzeczywistą drogą człowieka będzie linia *AD.* Istotnie, posuwając w myśli człowieka od *A* do *B* wzdłuż linii *AB* i jednocześnie posuwając całą linią *AB* naprzód wzdłuż linii *AC,* zobaczymy, że ostatecznie człowiek posuwa się wzdłuż linii *AD.*

Mówimy, że człowiek odbywa tu ruch AD, złożony z dwu ruchów: AB i AC; moglibyśmy również powiedzieć ~~prawo składania~~, że prędkość, wyobrażona przez AB na sekundę i prędkość wyobrażona przez AC na sekundę, składają się na prędkość AD na sekundę. Zupełnie podobnie powiadamy ogólnie, że prędkości np. EF, i EG (rys. 5.), składają się na prędkość EH, wyobrażoną przez przekątnią równoległoboku EFHG. Zasada ta składania prędkości nazywa się też zasadą równoległoboku prędkości (основа рівнобіжника скорости); prędkości EF, EG nazywają się składowemi (складові), prędkość zaś EH nazywa się wypadkową (вислідна). Spostrzegając uważnie, można przekonać się o słuszności zasady równoległoboku w mnóstwie przykładów codziennych.



Rys. 5.

11

13

§ 13. O sile. (~~Про силу~~)

Ciała same przez się nie poruszają się nigdy. Przedmioty w pokoju np. stoją nieruchomo, dopóki ich kto nie popchnie, nie potrąci, nie pociągnie. I nie tylko stoły i szafy stoją nieruchomo, które i nam trudno poruszyć, ale też takie przedmioty, które można wprawić w ruch z największą łatwością. Choćby się drzwi np. najlżej otwierały, nie otworzą się one same przez się. Lampa wisząca na sznurze, albo huśtawka, którą poruszyć tak łatwo, pozostawiona sobie, trwa w zupełnym spoczynku. Drzewa i liście na nich, kłosy zboża w polu, które chwieją się i kołyszą za lada podmuchem wiatru, stoją zupełnie nieruchomo w spokojnem powietrzu. Bez pobudzenia zatem, bez podniety z zewnątrz, ciała nie wychodzą ze spoczynku, nie poczynają się ruszać.

To też, gdy chcemy, żeby się jakie ciało poruszyło, dajemy mu do tego podnietę. Ciągniemy szufladę, żeby ją wysunąć; popychamy okno, ażeby je otworzyć. Poruszamy huśtawkę, ażeby ją rozkołysać; żeby koło wprawić w obrót, naprzemian ciągniemy ku sobie jego korbę i od siebie ją odpychamy. Ciągnienie, pchanie, naciskanie nazywa się w nauce *wywieraniem siły* (діланє сили). Człowiek wywiera siłę zapomocą mięśni (мускулы, мязи). Ale nie tylko człowiek ma władzę wywierania siły (сили). Kula tocząca się przewraca ~~w kręglach słupki~~ kręgle; woda płynąca rzeką porusza młyn wodny; wiatr wznosi kurz do góry, obraca wiatraki, niekiedy zrywa kapelusze z głów a nawet dachy z domów. Sprężyna nakręcona wprawia kółka zegarowe w ruch, więc musi je popychać i pociągać podobnie, jak ręka ludzka popycha i pociąga korbę koła, które obraca. Rzeczywiście, jeśli skręcimy sprężynę ręką, albo taśmę kauczukową mocno w ręku wyciągniemy, uczujemy, że sprężyna uciska rękę, że taśma ją ciągnie, zupełnie jak gdyby ktoś ją uciskał lub ciągnął. Próbując młode drzewko zgiąć i pochylić ku ziemi, czujemy, że ono opiera się temu i ciśnie na naszą dłoń. Więc sprężyna skręcona, taśma wyciągnięta, drzewko ~~przy~~ zgięte wywierają siłę; ~~siłę tę~~ ją nazywamy *siłą sprężystości* (сила ~~сложимности~~ пружистости.)

Powiadamy zatem: do wyprowadzenia jakiegobądź ciała ze spoczynku potrzeba ~~...~~ działania siły.

§ 14. Przeciwdziałanie (~~Противоділанє~~)

Ciągnąc szufladę, popychając drzwi lub okno, poruszając lampę lub huśtawkę, wprawiając koło w obrót, czujemy jakby ~~gdyby~~ opór szuflady, drzwi, okna, koła, lampy lub huśtawki. ~~Widzimy~~ Zatem, ~~że~~ gdy wywieramy pewną siłę, na nas wywierana jest pewna siła przeciwna. Inaczej mówimy, że działaniu naszemu na ciała ~~łączy się~~ towarzyszy przeciwdziałanie (противоділанє), którego od tych ciał doznajemy. Każde wogóle działanie łączy się, w podobny sposób, z przeciwnem mu przeciwdziałaniem. Przeciwdziałanie możemy wykazać wielu sposobami. Pomieściwszy się np. w huśtawce (lub w łódce) poczynijmy wyrzucać z niej kamienie, uprzednio tam ułożone. Zobaczymy, że huśtawka (lub łódka) cofa się za

każdym ruchem. Kiedy więc my odpychamy kamienie, kamienie równocześnie odpychają nas, a za naszem pośrednictwem łódkę czy huśtawkę. Z podobnej przyczyny pochodzi wsteczne uderzenie, które otrzymujemy, dając strzał ze strzelby, jak również znane cofanie się armat podczas wystrzału.

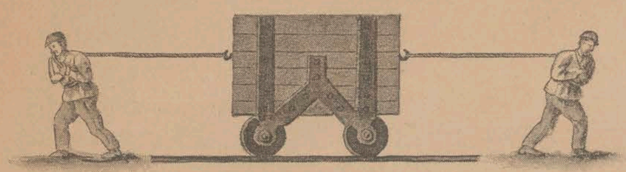
Przypuśćmy, że utwierdziliśmy armatę w ziemi tak trwale, że nie może cofnąć się skutkiem wystrzału. Co stanie się wówczas z uderzeniem wstecznem, z przeciwdziałaniem? Armata utwierdzona stanowiła widocznie całość z kulą ziemską; zatem uderzenie wsteczne zostało udzielone całej kuli ziemskiej; na ruch zaś bryły tak olbrzymiej wywarło wpływ niezmiernie mały. Z podobnego powodu przeciwdziałanie, którego doznajemy nieustannie od różnych ciał (na które wywieramy działanie) uchodzi zazwyczaj naszej uwagi: przekazujemy je bowiem zazwyczaj całej kuli ziemskiej za pośrednictwem własnego ciała, za pośrednictwem ścian i podłóg budynków.

Streszczamy, co powiedzieliśmy wyżej, w sposób następujący: Każde dwa ciała wywierają zawsze na siebie działania obustronne, wzajemne; innemi słowy, z każdem działaniem połączone jest zawsze przeciwdziałanie skierowane wprost przeciwnie.

§ 15. Równowaga.

Kiedy jakaś siła działa na ciało, wyprowadza je ze spoczynku i wprawia w ruch. Ale każdy ruch odbywa się w jakimś kierunku (§ 4.); zatem każda siła działa w jakimś kierunku, mianowicie w tym, w którym nadaje ruch. Np. drzewko zgięte ciśnie w tym kierunku, w jakim powraca do swego zwykłego położenia, gdy je oswobodzimy od nacisku.

Wystawmy sobie, że na jakieś ciało działają jednocześnie *dwie siły jednakowe*, lecz mające wprost przeciwne kierunki. Przypuśćmy np., że jedna ciągnie jakieś ciało w prawo a druga w lewo. Ciało nie poruszy się ani w prawo ani w lewo i pozostanie w spoczynku. Mówimy wówczas, że *siły równoważą się*, mówimy, że ciało pod działaniem dwóch jednakowych lecz przeciwnych sobie sił pozostaje *w równowadze*. Jeśli np. dwaj ludzie jednakowo silni staną po dwu stronach wagonu i każdy pocznie ciągnąć



Rys. 6.

ku sobie (rys. 6.), wówczas wagon nie ruszy wcale z miejsca, jak gdyby go nikt nie ciągnął. Jeśli z jednej strony ciągnąć go będzie dwu ludzi, a z drugiej jeden człowiek, wagon pójdzie w stronę silniejszego ciągnienia; ale wtedy połowa wysiłku dwu ludzi pójdzie na zniweczenie siły trzeciego, który opiera im się z drugiej strony wagonu.

/ jakiebądź

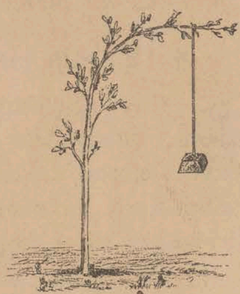
Γ i

Wyobraźmy

— Należy to dobrze zrozumieć, iż równowaga dwu sił nie ma nic wspólnego z istnieniem wzajemnie dopełniających się sił, t. j. działania i przeciwdziałania, pomiędzy każdemi dwoma ciałami, o których była mowa w § 14-ym. Równowagę mamy, kiedy dwie siły przeciwne sobie zostaną przyłożone do tego samego ciała, jak to np. widzimy na rys. 6-ym. Działanie zaś i przeciwdziałanie pomiędzy dwoma ciałami, jak o tem mówiliśmy w § 14-ym, nie są przyłożone do tego samego ciała, lecz przeciwnie do dwu różnych ciał, wzajemnie działających na siebie, a zatem wcale nie wytwarzają równowagi.

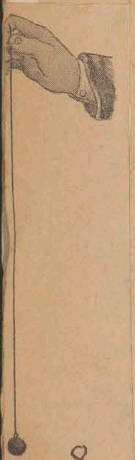
§ 16. Siła ciężkości

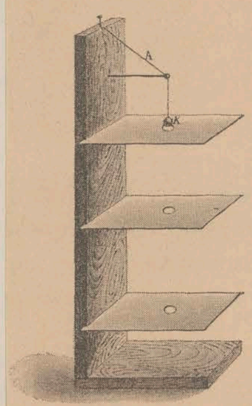
Umocujmy w podłodze jeden koniec taśmy kauczukowej a drugi ciągnijmy ku sobie; taśma ciągnie naszą rękę ku dołowi. Weźmy duży kamień i trzymajmy go w dłoni; kamień ciągnie naszą rękę ku dołowi podobnie, jak ciągnęła ją taśma. Połóżmy kamień na materacu lub poduszce; kamień przyciska je podobnie, jak gdyby je kto ręką przyciskał. Zawieśmy kamień na drzewku wygiętem; drzewko nie wyprostuje się, jak gdyby je kto przytrzymywał ręką (rys. 7.). Jakaś siła musi więc działać na kamień, która sprawia, iż kamień przyciska i ciągnie. Nazywamy tę siłę *siłą ciężkości*.


Rys. 7.

Trzymajmy kamień w ręku; siła ciężkości działa nań ciągle, ale *równoważymy ją* (§ 10.) siłą naszych mięśni. Otwórzmy rękę; wówczas siła ciężkości sama jedna działa na kamień. Kamień zaczyna się poruszać. Dokąd pójdzie? Nie będziemy go szukali na ścianach, ani na suficie; wiemy, że pójdzie na dół, że będzie *spadał* (§ 11.). Zatem siła ciężkości ciągnie ciała na dół ku ziemi i nadaje im ruch w tym kierunku, jeśli mu żadna inna siła w tem nie przeszkadza.

Rozważmy to dokładniej. Weźmy *pion*, czyli nić obciążoną ciężarkiem i trzymajmy ją w ręku, jak pokazuje rys. 8. Nić wypręża się i przybiera kierunek linii prostej, którą nazywamy *linią pionową*. Powiadamy, że każdy przedmiot, puszczony zupełnie swobodnie (a zatem poddany działaniu samej tylko siły ciężkości) spada na dół w kierunku pionowym. Trudno jest wypuścić go z ręki zupełnie swobodnie, nie popchnąć przytem w żadnym bocznym kierunku. Urządźmy więc następujące doświadczenie. Wycinamy otwory w kilku kawałkach tektury (rys. 9.) takie, ażeby mogła przejść przez nie kulka *K* pionu. Jeśli pion, wisząc swobodnie, będzie przechodził przez środki otworów, wówczas będą one przypadały pionowo jeden pod drugim; musimy przedewszystkiem tak ustawić kawałki tektury. Wciągamy teraz kulkę ponad otwór najwyższy, umocowujemy część nitki w poło-


Rys. 8.


Rys. 9.

Dla zecera
Rys. 8. proszę umieścić z lewej, Rys. 9 z prawej strony kolumny, jak tu wskazano.

żeniu pochyłem i tę część przepalamy, dotykając w *A* płomieniem; wtedy kulka spada bez bocznego popchnięcia. Zobaczymy, że przejdzie przez wszystkie otwory. *Siła ciężkości ma więc kierunek pionowy*√ *ku ziemi.* Kierunek zaś pionowy w jakiembądź miejscu na powierzchni ziemi jest to (prawie zupełnie dokładnie) kierunek promienia ziemskiego w tem miejscu, t. j. linii, łączącej uważany punkt na powierzchni ziemi z jej środkiem.

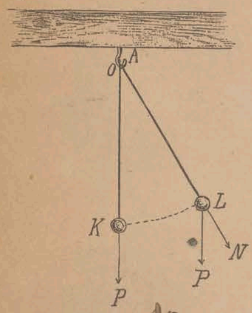
√(напрям прямовисний або вертикальний)

§ ~~12~~ 17. Siła ciężkości w równowadze z innemi siłami. (~~Сила~~ тяготи в рівновазї з иньшими силами)

Gdy zgięliśmy drzewko ręką i trzymamy je nachylone do ziemi, wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą naszych mięśni. Jeżeli drzewko w tem położeniu utrzymuje ciężar, zawieszony na niem (rys. 5.), wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą ciężkości.

18

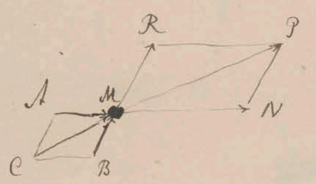
W pionie, wiszącym spokojnie (rys. ~~6~~.), nitka wypręża się prosto ⌈ i pionowo pod działaniem siły ciężkości. Tu ciężkość kulki pionu równoważy się ~~z mocą, z wytrzymałością nitki~~ za pośrednictwem nitki z siłą naszych mięśni; pod działaniem bardzo znacznego ciężaru nitka się urywa, podobnie jak urywa się w ręku pod bardzo mocnem ciągnieniem. Drut metalowy ma większą wytrzymałość niż nitka. Drut taki, np. *OK* (rys. ~~8~~ 10.), zakończony kulką i zawieszony na haku *A*, zachowuje się podobnie jak pion. Wisi on spokojnie w położeniu pionowem *OK*, w każdem zaś innem położeniu, np. *OL*, zaczyna opadać ku *OK*. Przyczyna tego jest następująca. Drut może się obracać na haku a zatem drut sam przez się będzie w równowadze tylko pod działaniem takiej siły, któraby go ciągnęła w jego własnym kierunku. ~~Lecz ciężkość, która działa zawsze na dół pionowo, przypada w jego własnym kierunku jedynie tylko w położeniu *OK*.~~ Gdyby np. w położeniu *OL* ciężkość kulki działała w kierunku *LN*, mielibyśmy ⌈ tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku *LP*, a nie w kierunku *LN*, więc równowagi niema, drut porusza się ku położeniu *OK*. Natomiast w położeniu pionowem drutu *OK* ciężkość kulki, jako skierowana zawsze na dół pionowo, przypada we własnym kierunku drutu; dlatego w tem ~~położeniu~~ i tylko w tem położeniu jest równowaga. Przyrząd taki nazywa się wahadłem √(маятник).



Rys. ~~8~~ 10.

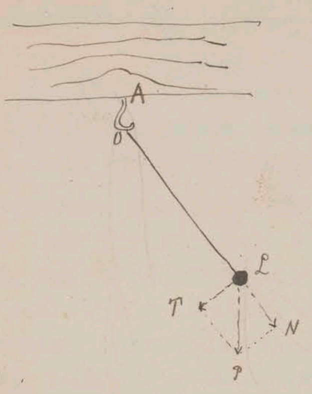
§ 18. Składanie sił (Складання сил)

Wiemy (§ 13.), że siła, która działa na jakiekolwiek ciało, wprawia je w ruch; czyli nadaje mu pewną prędkość, jeśli jej inna siła ~~ij~~ w tem nie przeszkadza. Przypuśćmy np., że mamy metalową kulkę M, położoną na stole kamiennym poziomym; rys 11-ty przedstawia stół widziany z góry. Przypuśćmy, że siła A, jeśliby sama jedna została przyłożona do kulki M, udzieliłaby jej prędkość MN w ciągu sekundy; ~~za~~ ~~tej~~, że druga siła B, gdyby również sama jedna została przyłożona do kulki, udzieliłaby jej prędkość MR w ciągu sekundy.



Rys. 11.

Jeśli obie siły A i B działają spółcześnie, kulka otrzyma spółcześnie obie prędkości MN i MR; wiemy z § 12-go, że kulka uzyska wówczas prędkość MP w ciągu sekundy, gdzie MP jest przekątnią równoległoboku MRPN. Przypuśćmy, że ~~tej~~ wypadkowej prędkości MP mogłaby udzielić kulce pewna siła C, gdyby została przyłożona sama jedna do kulki. Nazywamy wówczas siłę C siłą wypadkową (силою випадковою), siły zaś A i B składowemi siłami (складовими силами). Siły składowe składają się na wypadkową, która może je całkowicie zastąpić. Widzimy, że siły przyłożone do kulki, składają się według zasady równoległoboku, podobnie jak prędkości, których one udzielają, składają się według tej zasady (§ 12.). Albowiem, im siła większa, tem większa też prędkość, którą ona wytworzy ~~nada~~; jeśli więc linia MN jest np. 3 razy dłuższa od linii AM, ~~to~~ MR też jest 3 razy dłuższa od linii BM i MP musi być 3 razy dłuższa od linii CM, zkąd wynika, że CM jest przekątnią równoległoboku AMBC.

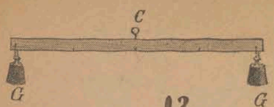


Ryp. 12.

Powróćmy teraz do wahadła w położeniu OL (§ 17, rys. 10.). Korzystając z zasady równoległoboku sił, widzimy, że możemy zastąpić siłę ciężkości LP (rys. 12.) przez dwie siły: LN i LT, których LP byłaby wypadkową; innemi słowy, że możemy rozłożyć, jak się mówi, siłę LP na siły LN i LT. Siły LN i LT nie ~~istnieją~~ istnieją rzeczywiście; posługujemy się niemi tylko dla ułatwienia rozumowania. Z pomiędzy tych sił, LN równoważy się, za pośrednictwem drutu, z siłami, które (hak i belka) utrzymują w równowadze; pozostaje siła LT, która też w położeniu OL wprowadza ~~w ruch~~ wahadło w ruch. ~~w położeniu OL~~. W położeniu OK (rys. 10.) [siła LP jest tem samem, czem siła LN, siły LT niema wcale; dlatego też w położeniu OK jest równowaga (§ 17.). Możemy dowieść ~~wykazać~~ ~~istnienia~~ ~~działanie~~ działania (siły LN, zastąpiwszy drut przez nitkę; w ciągu ruchu wahadła nitka pozostaje wówczas ciągle wyprężona. Weźmy wahadło w położeniu OL w rękę lub podeprzyjmy kulkę np. cegłą; jakim sposobem wówczas utrzymuje się równowaga? Siłą mięśni naszych lub oporem cegły równoważymy wówczas składową LT; pozostaje składowa LN, lecz ta, działająca w kierunku drutu lub nitki, nie ma dążności do wprawiania wahadła w ruch.

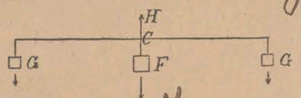
[sig. 2

§ 19. Środek ciężkości.



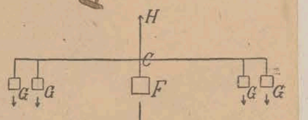
Rys. 13.

Weźmy drążek drewniany (rys. 13.), wkręćmy w jego środku kółeczko C a na końcach uwiążmy jednakowe ciężarki G, G. Zawieśmy kółeczko na nitce lub na haczyku. Ująwszy nitkę lub haczyk, możemy trzymać drążek w równowadze t. j. tak, żeby się nie przechylał ani w jedną, ani w drugą stronę; możemy nawet, nie psując równowagi, podnosić drążek ku górze. A zatem dwa równe ciężary, działające na końce drążka, równoważą się tutaj z siłą naszych mięśni, działającą na środek drążka. Dzięki drążkowi równoważymy lub podnosimy oba ciężary G, G tak, jak gdybyśmy bezpośrednio do nich przyłożyli naszą siłę. Możemy ~~odwrotnie~~ zastąpić te dwa ciężary G, G przez jeden dwa razy większy ciężar F, wiszący w pośrodku C drążka (rys. 14.); wówczas potrzeba znów takiejsamej siły H, jak poprzednio, ażeby zrównoważyć drążek lub podnieść go do góry.



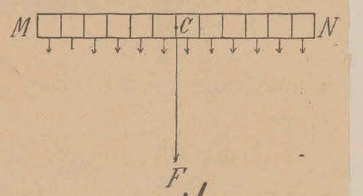
Rys. 14.

Podobnież, cztery ciężary G, G, G, G, jak na rys. 15., możnaby zastąpić przez jeden, cztery razy większy ciężar F, wiszący w pośrodku. Siły zatem czyli ciężary G składają się tutaj na siłę F, która się też nazywa ich *wypadkową* i która je może zastąpić.



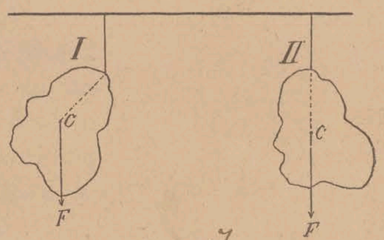
Rys. 15.

Podobnie będzie w sztabie MN (rys. 16.); możemy ~~wystawić~~ sobie, że składa się ona z osobnych części, z których każda ma swój ciężar; wszystkie te ciężary składają się na ciężar wypadkowy F, działający w punkcie C. Ów punkt C, w którym jak gdyby skupia się cały ciężar ciała, nazywa się *środkiem ciężkości*. Siła ciężkości działa na każde ciało tak, jak gdyby była przyłożona do jego środka ciężkości.



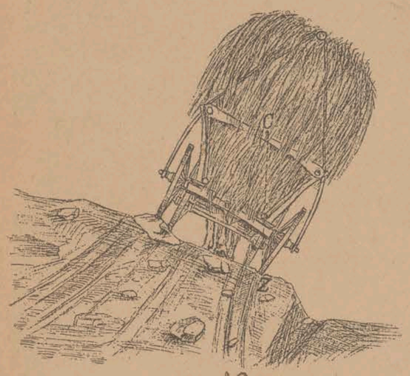
Rys. 16.

Można np. trzymać sztabę MN (i podobnie ~~każdą~~ laskę np.) w położeniu poziomem w równowadze, podpierając ją jednym palcem w punkcie C, czyli w jej środku ciężkości. Jeśli ciało wisi na sznurku (rys. 17.), nie może ono być w równowadze, gdy środek ciężkości nie znajduje się wprost pod nicią, w jej bezpośredniem przedłużeniu. W położeniu więc I ciało nie będzie w równowadze, podobnie jak drut z kulką nie był w równowadze w położeniu OL (rys. 8.). Przeciwnie, w położeniu II ciało będzie w równowadze.



Rys. 17.

Powiedzieliśmy, że cały ciężar ciała jest jak gdyby skupiony w jego środku — ciężkości i działa nań na dół pionowo. Zatem: jeżeli linia pionowa, poprowadzona ze środka ciężkości, trafia w podstawę ciała, wtedy ciało *stoi*, czyli jest w równowadze. Jeśli zaś ta linia trafia poza obrębem podstawy, ciało przewraca się, bo ciężar jego nie znajduje oporu, któryby go równoważył. Tak więc wóz na równej drodze jest w równowadze, lecz na pochyłości linia, wychodząca pionowo na dół ze środka ciężkości, zbliża się ku kołom. Na rys. 18. widzimy położenie, w którem przechodzi ona właśnie przez koło *(CZ)*: jeszcze najmniejsze pochylenie a wóz musi się wywrócić. Dlaczego trudno jest postawić kij na stole; dlaczego pochylamy się na lewo lub wyciągamy lewą rękę, gdy niesiemy ciężar w prawej; dlaczego, żeby mocno i pewnie stanąć, rozstawiamy nogi jaknajszerzej — łatwo wytłumaczyć na mocy powyższego.



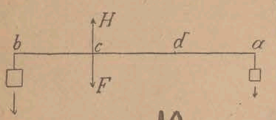
Rys. 18.

Ц 18.

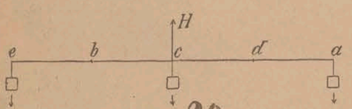
§ 20. Zasada dźwigni

V ~~(Osnowa wągowana)~~

Powróćmy jeszcze do drążka, o którym była mowa na początku poprzedzającego artykułu. Gdybyśmy uwiązali na jednym jego końcu ciężar dwa razy większy, niż na drugim, drążek, zawieszony w pośrodku, nie byłby już w równowadze; mocniej obciążony koniec przeważyłby t. j. przechyliłby się ku dołowi. W jakiem miejscu trzebaby było wkręcić teraz kółeczko, żeby znowu zrównoważyć oba ciężary jedną siłą? Wyobraźmy ~~Wystawmy~~ sobie (rys. 19.) drążek, obciążony na jednym końcu *(b)* ciężarem dwa razy większym, niż na drugim *(a)*. Podzielmy odległość od *a* do *b* na trzy równe części: *bc, cd, da;* powiadamy, że trzeba przyłożyć siłę *H* w punkcie *c*, żeby zrównoważyć nią oba ciężary, wiszące w *a* i *b*. Istotnie: przypuśćmy na chwilę, że drążek nasz jest dłuższy, niż poprzednio ~~wprzódy~~, mianowicie (rys. 20.) dłuższy o długość *be*, równą każdemu z trzech odstępów *bc, cd, da*. Zamiast podwójnego ciężaru, wiszącego w punkcie *b*, mogłyby wówczas wisieć dwa poje-



Rys. 19



Rys. 20

Ц 20

Dla zecera

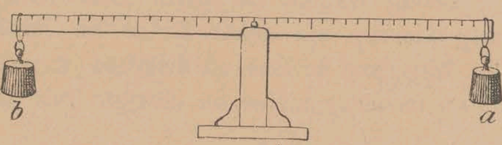
Proszę przy składaniu posunąć rysunek 19 na prawo, tak, żeby litery a, d, H, b na rysunku 20. przypadały pod temi samemi literami na rys. 19-ym.

dyncze ciężary w *c* i w *e*, albowiem, jak wiemy, dwa równe ciężary można zastąpić przez jeden, podwójny, wiszący pomiędzy niemi w pośrodku. Przyłożywszy teraz siłę *H* do punktu *c*, równoważymy nią najprzód ciężar w *c* a powtóre także ciężary w *a* i w *e*, ponieważ te dwa ostatnie są równe i wiszą jednakowo daleko od *c*. Zatem ten drążek będzie w równowadze, a temsamem i poprzedni (rys. 19.) będzie w równowadze, gdy przyłożymy siłę *H* w punkcie *c*. ~~Powiadamy jak wyprzód: pewien ciężar *A* i dwa razy większy ciężar *B* składają się na siłę wypadkową *E*; ta wypadkowa działa na punkt, który leży dwa razy dalej od *A* niż od *B*.~~ Tak więc w ciele, składającem się z części niejednakowo ciężkich, środek ciężkości musi przypadać stosunkowo dalej od lżejszych, a bliżej cięższych części. Jeśli laska ma ciężką gałkę, trzeba podpierać ją palcem bliżej gałki, a nie w środku, żeby utrzymać równowagę w położeniu poziomem.

Od wiersza

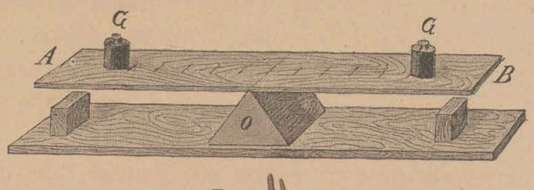
§ 21. Dźwignia.

Jak w § 19., weźmy drążek drewniany (rys. 21.), na końcach uwiążmy dwa jednakowe ciężarki *a*, *b*; lecz zamiast zawieszać go na nitce, utwierdźmy w nim w środku oś i tą osią połóżmy go na podstawce. Oba ciężary, działające na końce drążka, równoważą się teraz z oporem podstawki, który działa na jego środek; drążek będzie więc w równowadze, taksamo jak poprzednio w § 19. Nazywamy podobny przyrząd *dźwignią*, a części jego od osi aż do punktu zawieszenia ciężaru — *ramionami dźwigni*. Zatem dźwignia, przedstawiona na



Rys. 21.

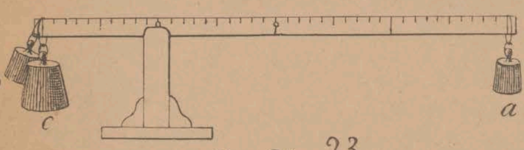
rys. 21., jest równoramienna. Inną dźwignię widzimy na rys. 22.; składa się ona z deseczki, położonej na trójkątnej podstawce *O*. I ona będzie w równowadze, gdy jednakowe ciężarki *G*, *G* stać na niej będą w jednakowej odległości od podstawki. Powiadamy zatem: ~~potrzeba~~ *do ró-*



Rys. 22.

wnowagi dźwigni równoramiennej potrzeba, *ażeby ciężary jednakowe działały w odległości jednakowej od osi obrotu*, t. j. żeby działały na *ramiona jednakowe.*

Zawieśmy teraz na dźwigni rys. ~~17~~ 21, lub połóżmy na dźwigni rys. ~~18~~ 22 ciężary niejednakowe w odległości jednakowej od osi; równowagi nie będzie. Czego więc potrzeba do równowagi, gdy ciężary są niejednakowe? Możemy to wywnioskować z tego, co powiedzieliśmy ~~przy końcu § 13~~ w § 20-ym. Weźmy np. jakiś ciężar i inny ciężar, dwa razy większy. Z rys. ~~15~~ 19. widzimy, że do równowagi dźwigni, na którą działają takie dwa ciężary, potrzeba, ażeby podstawka (czyli oś obrotu) była umieszczona dwa razy bliżej większego ciężaru, innemi słowy, potrzeba, *ażeby ciężar dwa razy większy działał na ramię dwa razy krótsze.* Gdyby jeden ciężar był trzy razy większy od drugiego, musiałby podobnież dla równowagi działać na ramię trzy razy krótsze. Widzimy taką dźwignię ~~równowagę~~ na rys. ~~19~~ 23; *a* i *b* są to ciężarki jednakowe, *c* zaś waży tyle, ile *a* i *b* razem wzięte. A zatem ciężar *b* i *c* razem wzięty jest trzy razy większy niż ciężar *a*; to też ramię tego potrójnego ciężaru jest trzy razy krótsze od drugiego ramienia. Podobne doświadczenia łatwo możemy czynić na dźwigni rys. ~~18~~ 22.

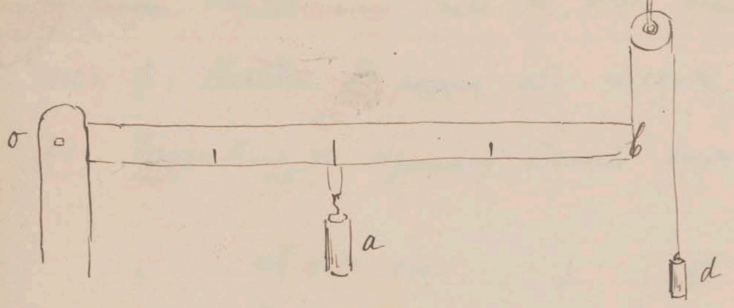


Rys. ~~19~~ 23.

Możemy powiedzieć ogólnie: dla równowagi dźwigni dwuramiennej potrzeba, ażeby iloczyn liczb, wyrażających ciężar i długość ramienia, jednej przez drugą, był *jednakowy* z obu stron osi obrotu. —

Mnóstwo przedmiotów codziennego użytku, mnóstwo narzędzi i przyrządów używanych w rękodziełach, przemyśle i rolnictwie, stanowi zastosowania dźwigni. Drąg np., służący do wyważania ciężarów, jest dźwignią; ramię czyli rękojeść studni, klamka drzwi, różne rodzaje nożyc, obcęgi, rączka czyli główka świdra, ~~grajcarka~~, zwykła, nawet łopata stanowią przykłady dźwigni. Belka każdej wagi ~~jakoteż i t. zw. przezmian~~ jest ~~również przykładem~~ dźwignią, jak również znany powszechnie przyrząd, zwany *przezmianem* (bezmian).

Rysunek 24. wyobraża inny rodzaj dźwigni, t. j. *jednoramienną*. Jeśli odległość od osi do miejsca zawieszenia ciężaru (*a*) wynosi, jak na rysunku, połowę odległości od osi do miejsca przyłożenia siły (*b*) potrzeba wówczas do równowagi, ażeby na *b* działała siła dwa razy mniejsza od siły ciężkości działającej na *a*. Możemy to udowodnić, przymocowawszy w *b* nitkę, przerzuconą przez bloczek *c* i obciążoną ciężarkiem *d*; potrzeba ~~będzie~~ wówczas do równowagi, ażeby *a* był dwa razy cięższy od *d*. Jeśliby



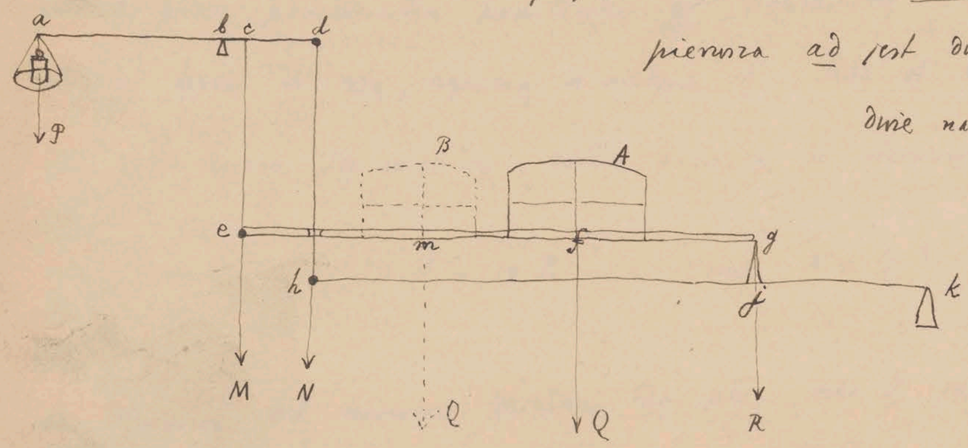
Rys. 24.

odległość oa była trzecią częścią odległości ob, do równowagi byłoby potrzeba, ażeby ciężar a był trzy razy znaczniejszy od d it. d. Wogóle zatem do równowagi dźwigni jednoramiennej potrzeba, ażeby obadwa iloczyny: liczby wyrażającej ciężar przez liczbę, wyrażającą długość odpowiedniego ramienia były równe sobie.

Przykłady dźwigni jednoramiennej znajdujemy w wielu znanych przyrządach, jak np.: taczki, krajalnice (papieru, chleba it.p.), maszyny służące do wycinania lub wybijania otworów, narzędzia do ugniatania i wyciskania (korków, orzechów, cytryn itp.).

§ 22. Waga dziesiętna (Вага десяточна)

Inny przykład zastosowania jednocześnie dźwigni jednoramiennej i dwuramiennej stanowi waga dziesiętna, waga setna, lub wogóle t. zw. pomostowa. Rys. 25 daje pojęcie o urządzeniu wagi dziesiętnej. Mamy w niej trzy dźwignie: pierwsza ad jest dwuramienna, oś jej obrotu znajduje się w b; dwie następne eg i hk są jednoramienne i mają osi obrotu w g oraz w k. Przy pomocy prętów lub sztab ec i hd dźwignie eg i hk łączą się z punktami c i d pierwszej dźwigni ad. Dźwignia eg jest przykryta pomostem; na nim umieszczamy ciało A, które mamy zważyć.



Rys. 25.

Strzałka Q na rysunku wyobraża siłę, jaką stanowi ciężkość tego ciała A; strzałka P siłę ciężkości ciężarka P, umieszczonego w szalce u końca a dźwigni ad. Przypuśćmy, że wymiary różnych części wagi są następujące:

ab = 10 cm.; bc = 1 cm.; jk = 10 cm; hk = 50 cm; cd = 4 cm. bd = 5 cm. hj = 40 cm. eg = 44 cm.

Umieszczamy ciało A na pomoście eg, np. w taki sposób, że środek ciężkości tego ciała przypada na linii pionowej fQ; ciało A zatem działa na dźwignię eg tak, jak gdyby cały jego ciężar Q był przyłożony do niej w miejscu f; ramieniem siły Q będzie odległość ef. Przypuśćmy, że odległość ef wynosi 33 cm., odległość zaś fg np. 11 cm. Siła Q czynna w miejscu f, wytwarza obecność

siły M w miejscu e dźwigni eg; dla równowagi dźwigni eg musimy mieć, skoro M działa ramieniem eg = 44 cm., Q zaś ramieniem fg = 11 cm., równanie

$$44\,M = 11\,Q \qquad \text{czyli} \qquad M = \tfrac{1}{4}Q$$

Siła Q, działająca w f, wytwarza w miejscu g siłę R; dla równowagi dźwigni eg musimy mieć znowu, skoro R działa ramieniem eg = 44 cm., Q zaś ramieniem ef = 33 cm, równanie

$$44\,R = 33\,Q \qquad \text{czyli} \qquad R = \tfrac{3}{4}Q$$

Siła R przez pośrednictwo podstawki gj udziela się dźwigni hk, działając na nią w miejscu j. Niechaj będzie N siłą, czynną w miejscu h. Siła N działa ramieniem hk = 50 cm., siła R zaś ramieniem jk = 10 cm, zatem potrzeba do równowagi dźwigni hk, żeby

$$50\,N = 10\,R \qquad \text{czyli} \qquad N = \tfrac{1}{5}R$$

Na dźwignię ad nareszcie działają trzy siły: siła P ramieniem ab = 10 cm. działa po jednej stronie osi; po drugiej zaś stronie działają siły: M (ramieniem bc = 1 cm.) oraz N (ramieniem bd = 5 cm.). Do równowagi tej zatem dźwigni potrzeba, żeby

$$10 \cdot P = 1 \cdot M + 5 \cdot N$$

tj. według równań poprzednich

$$10\,P = \tfrac{1}{4}Q + R$$

$$= \tfrac{1}{4}Q + \tfrac{3}{4}Q$$

$$= Q$$

tj. żeby $P = \frac{1}{10}Q$. Zobaczmy teraz, czy zmieni się stosunek ciężaru P (na szalce) do ciężaru Q (ciała A, znajdującego się na pomoście eg), jeżeli ciało

to A umieścimy w jakiembądź innem, niż poprzednio, miejscu pomostu, np. w położeniu B. Jeśli w tem położeniu środek ciężkości ciała B przypada np. nad punktem m i jeżeli, przypuśćmy, cm = 22 cm., mq = 22 cm., wówczas, rozumując zupełnie tak samo jak przed chwilą, przekonamy się, że w równowadze mamy:

$$44 \cdot M = 22 \cdot Q \quad \text{czyli} \quad M = \frac{1}{2} Q$$

$$44 \cdot R = 22 \cdot Q \quad \text{czyli} \quad R = \frac{1}{2} Q$$

$$50 \cdot N = 10\, R \quad \text{czyli} \quad N = \frac{1}{5} R$$

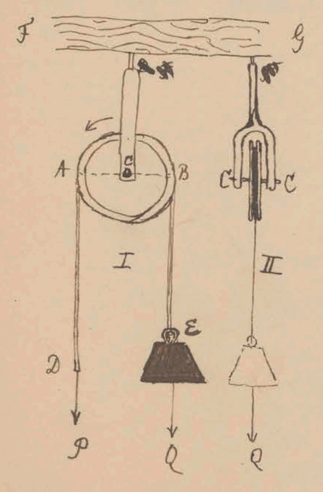
oraz $10 \cdot P = 1 \cdot M + 5 \cdot N$

czyli $10 \cdot P = \frac{1}{2} Q + R = \frac{1}{2} Q + \frac{1}{2} Q = Q$

więc znów wypada: $P = \frac{1}{10} Q$. Stosunek P do Q jest zatem niezależny od położenia ciała ważonego na pomoście wagi. — Widzimy, że, na podobnej wadze, ciężarki P potrzebne do zrównoważenia dowolnego ciała Q, wynoszą 10 razy mniej, niż ciężar tego ciała, co objaśnia pożytek i nazwę tego przyrządu. — W podobny sposób zbudowane są wagi setne i t. p.

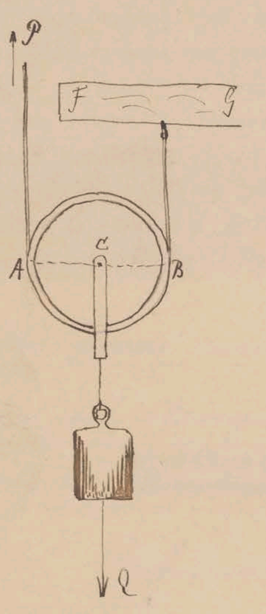
§ 23. Blok. — ( )

Przyrząd, zwany blokiem (bloczkiem), który często widzieć można w fabrykach, składach towarów, przy budowie domów i t. p., stanowi również zastosowanie zasady dźwigni, chociaż na pozór różni się zupełnie od dźwigni. Kółko AB (rys. 26, I) osadzone na osi C, ma na swym brzegu równe wyżłobienie, przez które przesuwamy sznurek DABE. Oś kółka kręci się swobodnie w widełkowatej oprawie, jak to okazuje widok bloku, widzianego z boku, na rys. 26, II; Oprawę tę utwierdzamy nieruchomo, np. w belce poprzecznej FG. Uczepiwszy na jednym końcu sznura, np. E, dowolny ciężar Q, możemy podnosić go ku górze, jeśli będziemy ciągnęli drugi koniec D, ku dołowi.



Rys. 26.

Wyobraźmy sobie w bloku linię ACB, łączącą środek kółka C z miejscami A i B, pomiędzy któremi sznurek przylega do kółka, mianowicie do górnej połowy jego obwodu. Linia ta ACB. stanowi oczywiście dźwignię, z osią obrotu w C, A zaś i B za miejscami przyłożenia sił: ciągnącej P i sprzeciwiającej się jej, Q. Podczas obrotu bloka coraz inne punkty kółka będą zajmowały położenia A i B; ale w każdej chwili te punkty, które (właśnie) przypadają na prostej ACB, będą stanowiły taką dźwignię, istniejącą w naszej myśli, a wszystkie inne punkty kółka nie będą miały w tej chwili znaczenia. Mamy więc dźwignię, mianowicie dwuramienną, a nawet równoramienną; gdyż $CA = CB$. Do równowagi (potrzeba zatem), żeby $P = Q$ innemi słowy: blok z rys. 26-go nie daje korzyści na sile (owszem, z powodu nieuchronnego tarcia, daje nawet pewną stratę); ale zmienia kierunek siły na przeciwny. Zamiast ciągnąć w E ku górze, ciągniemy w D ku dołowi.



Rys. 27

Blok ruchomy (подвижный), którego urządzenie jest widoczne z rys. 27-go, nie zmienia, przeciwnie, kierunku działania siły, lecz daje korzyść co do siły. Powtarzając rozumowanie poprzednie, widzimy bowiem, że linia ACB stanowi, w tym przypadku, dźwignię jednoramienną, w której $\overline{CB}$ jest ramieniem siły Q, AB zaś ramieniem siły P. Lecz $\overline{AB} = 2 \cdot \overline{CB}$ zatem do równowagi byłoby potrzeba: $P = \frac{1}{2} Q$, gdyby nie tarcie nieuchronne w podobnym przyrządzie.

~~odległość oa była jedną trzecią częścią odległości ob, do równowagi byłoby potrzeba, ażeby ciężar a był trzy razy większy od d i t. d. Przykłady dźwigni jednoramiennej znajdujemy np. w taczkach, w maszynach, służących do krajania papieru lub chleba, do wycinania i wybijania otworów, w narzędziach służących do ugniatania (korków, cytryn, orzechów) i t. d.~~

§ 24. O pracy.

Gdy murarze budują dom, wówczas jedni wnoszą cegły, kamienie, wapno i t. d. na wysokość ~~tego~~ piętra, jakie jest w robocie; inni zapomocą lin wyciągają na tę wysokość belki. Taka czynność ~~nazywamy~~ jest przykładem wykonywania pracy. Do zbudowania domu potrzeba cegieł, kamieni, wapna, piasku, drzewa i t. d., ale nadto potrzeba też *pracy*, potrzeba znacznej pracy; jeden człowiek np., bez niczyjej pomocy, musiałby pracować wiele lat, zanimby cały dom zbudował. Żeby dom zbudować, potrzeba wykonać pewną, określoną pracę; trzeba np. wnieść tyle a tyle cegieł na pierwsze piętro, tyle a tyle na drugie i t. d.; w żaden sposób ~~bez pracy~~ tego dokonać nie można bez pracy. Żeby zbudować dom trzypiętrowy, trzeba ~~większej~~ znaczniejszej pracy, niż żeby zbudować dwupiętrowy. Widzimy zatem, że *praca* bywa większa i mniejsza; że praca jest czemś, co można mierzyć. Wnieść np. 20 cegieł na pierwsze piętro wymaga pracy dwa razy takiej, jak wnieść ich 10 na tosamo piętro. Wnieść 10 cegieł z dołu na pierwsze piętro, lub wnieść je z pierwszego piętra na drugie — wymaga pracy tejsamej, jeżeli, przypuśćmy, obadwa piętra są jednakowo wysokie. A zatem wniesienie cegieł z dołu na drugie piętro wymaga wówczas dwa razy takiej pracy, jak wniesienie ich na pierwsze. Powiadamy ogólnie: ***podniesienie ciężaru o pewną wysokość wymaga pracy tem większej, im znaczniejszy jest ciężar i im większa wysokość, o jaką go podnosimy;***

a ~~inaczej~~ inaczej: miarą pracy, wykonywanej przy podnoszeniu ciężarów jest iloczyn dwóch liczb, jednej wyobrażającej ~~wielkość~~ ciężar, drugiej, wyrażającej ~~która jest miarą przebytej~~ wysokość przebytą.

Podnoszenie ciężarów jest (oczywiście) ~~naturalnie~~ jednym tylko z pomiędzy mnóstwa codziennych przykładów wykonywania pracy. Inne przykłady poznamy niebawem.

~~§ 16. Praca a siła.~~

Robotnik, wnosząc cegły na wysokość piętra, musi równoważyć ich ciężar siłą swoich mięśni ~~(§ 11.)~~, gdyż inaczej zaczęłyby zaraz spadać ku ziemi. A zatem, żeby wykonać *pracę*, trzeba mieć *siłę*; ale można mieć siłę a nie wykonywać pracy. ~~Naprzykład~~,

(tu str. 23.)

Naprzykład, siła ciężkości, gdy wyprężyła pion, nie przestaje działać, ale nie wykonywa pracy. Ciężar, zawieszony na drzewku, gdy zgiął je i wisi spokojnie, wywiera siłę, ale nie dostarcza pracy. Gdy usiłujemy podnieść z ziemi ciężar tak znaczny, że nie możemy ruszyć go z miejsca, wywieramy siłę, ale nie wykonywamy pracy, dopóki nie ruszymy ciężaru. Wogóle, powiadamy, że wykonywamy pracę wtedy, gdy wprawiamy w ruch ciało, na które wywieramy siłę.

~~Przypomnimy, że~~ Powiedzieliśmy, że dla osiągnięcia pewnego skutku (np. dla podniesienia cegły o metr) należy wykonać pewną pracę. To znaczy, że dla osiągnięcia tego skutku trzeba conajmniej tę ilość pracy wykonać. Nieraz, być może, chcąc taki skutek osiągnąć, wydamy pracy więcej; ale nadwyżka pracy wydanej ~~niepotrzebnie, gdyż~~ obróci się zawsze na ~~cel inny, na~~ jakiś skutek uboczny, nie zaś na nasz cel właściwy. Na podniesienie np. cegły o metr trzeba conajmniej wykonać pewną określoną pracę; ale tylko tę ilość trzeba wykonać koniecznie; i tylko tą koniecznie potrzebną ilością zajmujemy się w Nauce Fizyki.

Zważmy np. ile pracy potrzeba, ażeby utrzymywać kamień lub cegłę w położeniu nieruchomem. Powiadamy: na to nie potrzeba pracy wcale, można to osiągnąć bez żadnego wydatku pracy, np. zapomocą pierwszego lepszego stołu, lub sznurka. Gdy ~~zaś~~ trzymamy ciężar nieruchomo w ręku, łożymy pewien wysiłek i odczuwamy znużenie; ale wysiłek ten obraca się nie na podniesienie ciężaru, lecz na skutek uboczny: na pewne zmiany w naszych własnych mięśniach, zmiany, które właśnie odczuwamy jako znużenie. ~~Znużenie jest więc skutkiem ubocznym, na który idzie cały nasz wysiłek; cel zaś właściwy, nieruchome trzymanie ciężaru, nie wymagał wcale wykonywania pracy.~~

Przypuśćmy, że dwóch robotników (np. *A* i *B*) wnosi cegły na wysokość piętra; *A* i *B* mają każdy np. po 100 cegieł do wniesienia. Mają więc jednakową pracę do wykonania; ale *A* jest w stanie dźwignąć odrazu 20 cegieł, gdy *B* tylko 10 może dźwignąć odrazu. Wówczas *A*, żeby swoją pracę wykonać, wejdzie 5 razy na piętro, gdy tymczasem *B*, ażeby swoją wykonać, będzie musiał wejść 10 razy. Przypuśćmy, że piętro ma wysokości 4 metry; w takim razie *A*, licząc wprost w górę, odbędzie ogółem drogę 20 metrów, *B* zaś — drogę 40 metrów. A więc *siła, dwa razy mniejsza, ale pracująca przez drogę dwa razy dłuższą, wykonywa pracę tęsamą.* Zupełnie podobnie siła, trzy, cztery lub ilekolwiek razy słabsza, pracująca na drodze tyleż razy dłuższej, wykonywa pracę tę samą. Wszystko to wynika, jak łatwo widzimy, z określenia podanego, ~~w końcu §~~ — dla miary pracy, ~~[illegible]~~ w początku niniejszego artykułu. —

(str. 25)

§ 25.

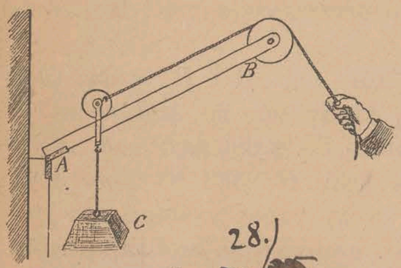
~~§ 17.~~ O energii. (~~Про енергію~~).

Robotnik, który bierze 10 cegieł na siebie za każdym razem, gdy wchodzi na piętro, mógłby zapewne udźwignąć 12, gdyby się nieco wysilił, a nawet może 15 i więcej. Ale, podczas gdy mógł, biorąc po 10 cegieł, pójść z niemi do góry np. trzydzieści razy z rzędu, teraz, obarczony 15 cegłami odrazu, zmęczy się ~~znacznie~~ wcześniej. A zatem człowiek może wywrzeć chwilowo siłę większą lub mniejszą, ale pracę może wykonać tylko ograniczoną. W każdym z nas jest jakby pewien zasób pracy, z którego możemy czerpać, jakby pewien *zapas pracy*, który możemy wydawać; gdy wszystek wydamy, nie jesteśmy zdolni do dalszego wykonywania pracy, aż nowy zasób w nas się nagromadzi. Taki zasób pracy, gotowej do wydania, nazywamy *energią* (енерґія). Gdy ktoś pracuje, wydaje swoją energię, wydaje ją na wykonywanie pracy; jeśli nie pracuje, ~~próżnuje~~, wtedy przechowywa, co prawda, zasób swój nienaruszony, nie wydaje ~~swojej~~ energii, ale nie ma też z niej żadnego pożytku. Energia jest jakby bogactwem, którego wydatkiem jest praca.

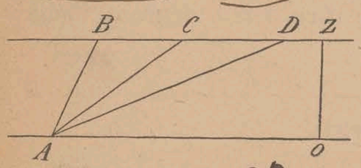
§ 26.

~~§ 18.~~ Praca przeciwko ciężkości. (~~Праця против тяжкости~~ ціжості).

Siła ciężkości działa w kierunku pionowym ku dołowi ~~(§ 11.)~~ a zatem sprzeciwia się podnoszeniu się ciał prosto do góry t. j. ruchowi ich pionowemu do góry. Dlatego też trzeba wykonywać pracę, ażeby podnosić ciała do góry. Spróbujmy teraz podnosić jakieś ciało nie wprost do góry, lecz w kierunku pochyłym. Ciężar *C* np. możemy (rys. ~~20.~~ 28) przesuwać po pochyłym drążku *AB* za pośrednictwem sznurka i dwóch kółek, z których jedno toczy się po drążku a drugie, osadzone na końcu, stanowi zwykły blok, opisany w § 23-im. ~~kręci się swobodnie.~~ Ustawmy drążek prawie zupełnie pionowo; ciągnienie będzie wymagało znacznego wysiłku. Nachylajmy drążek ku poziomemu położeniu; ciągnienie będzie wymagało coraz mniejszego wysiłku; siła ciężkości coraz mniej będzie się opierała ruchowi. Ruchowi poziomemu siła ciężkości nie sprzeciwia się wcale. Lecz, im drążek jest bardziej nachylony do poziomu, tem dłuższą drogę musi odbyć ciężar, ażeby się podnieść o pewną wysokość. Przypuśćmy np., że *AO* na rys. ~~21.~~ 29. wyobraża poziom podłogi w pokoju, *BCDZ* zaś ~~zaś~~



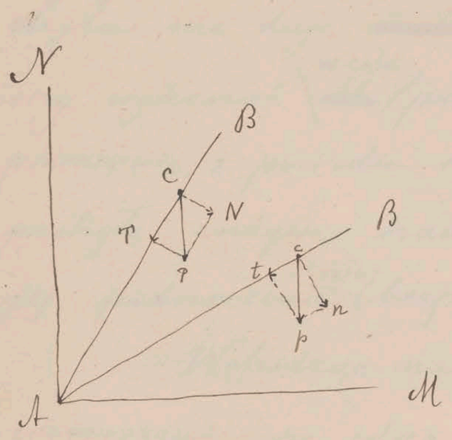
Rys. ~~20.~~ ~~25.~~ 28.



Rys. ~~21.~~ 29.

poziomu sufitu. Im znaczniejsze jest nachylenie drogi (AB, AC, AD), tem mniejszy jest opór siły ciężkości, ale tem dłuższa jest droga do przebycia. Jednakże praca zależy zarazem od siły, jaka pracuje i od długości drogi, przez którą siła ta pracuje; dlatego praca, potrzebna do podniesienia ciężaru, nie zależy od nachylenia drogi, lecz tylko od wysokości istotnego podniesienia. Istotnem podniesieniem jest np. tutaj wysokość OZ dla wszystkich trzech dróg AB, AC, AD.

Można także zrozumieć, dlaczego ciągnienie ciężaru C (rys. 30.) wymaga coraz mniejszego wysiłku, w miarę tego, im bardziej drążek AB zbliża się ku poziomemu położeniu. (Vпоземно положение)



Rys. 30.

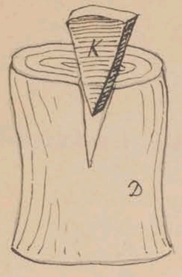
Niechaj C (rys. 30.) będzie punktem przyłożenia siły ciężkości, którą wyobraża linia CP. Stosując się do zasady równoległoboku (§ 18.), rozłóżmy siłę CP na dwie składowe, jedną CN, prostopadłą do drogi AB, drugą CT działającą w kierunku od B ku A. Widzimy, że tylko składowa CT opiera się bezpośrednio ruchowi ciężaru po drodze od A do B, albowiem CN znosi się z oporem drążka (i tylko przyciska do niego punkt C). Otóż składowa CT, jak widzimy z rysunku, zależy od nachylenia; im bliżej do położenia poziomego, tem ta składowa wypada mniejsza; np. ct jest mniejsza niż CT na rysunku. Dla tego zmniejsza się opór ciężkości. W położeniu poziomem AM składowa CT zniknęłaby zupełnie; w położeniu pionowem AN byłaby równa, przeciwnie, całemu ciężarowi CP.

Na mocy tego, co tu powiedzieliśmy, ~~zrozumiemy~~ (pojmujemy łatwo) (pożytek t. zw. równi pochyłej) czyli płaszczyzny nachylonej do poziomu, któ- (площа похила) rą posługują się często robotnicy do wciągania ciężarów w górę lub, przeciwnie, do powolnego spuszczania ich ku dołowi. Widzimy, że równia pochyła pozwala przezwyciężać ~~cię~~ ciężkość ciał ~~koś ciężarów~~ siłą znacznie mniejszą niż ta, jaka byłaby potrzebna do bezpośredniego, swobodnego ich podnoszenia. Ale zato droga do przebycia staje się odpowiednio dłuższa; ~~tak że~~ ostatecznie, jak widzieliśmy, równia pochyła nie daje ~~żadnej~~ oszczędności w pracy, jaką musimy wykonać w celu ~~dla~~ podniesienia ciała o pewną wysokość; przeciwnie, z powodu nieuchronnego tarcia ~~[illegible]~~ równia pochyła zużywa nawet nieco więcej pracy niż wymaga jej podnoszenie ciała bezpośrednie.

Wchodząc na stromą górę, ułatwiamy sobie trud wznoszenia się, idąc zygzakowatemi drogami wprawo i wlewo a nie wprost do góry; postępujemy wówczas według powyższej zasady równi pochyłej. ~~[illegible]~~ Drabina jest również przykładem stosowania tej samej zasady.

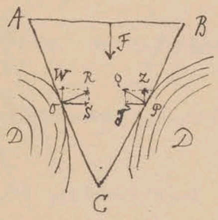
(str. 27a)

§ 27. Klin. Śruba



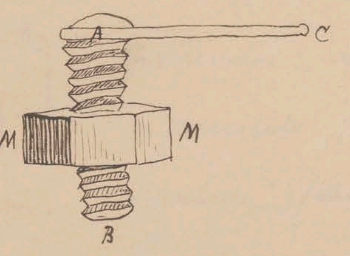
Rys. 31.

Wiemy, jak trudno jest rozłupać bezpośrednio kawał drzewa (D na rys. 31-ym) i jak bardzo pomocny, w takiej czynności, jest klin (Клин) (K na tymże rysunku), czyli graniastosłup (trój- przyzmat), wyrobiony z żelaza lub stali, który wciskamy lub wbijamy w drzewo, ciśnąc lub uderzając go z góry. Działanie klina objaśniamy łatwo za pomocą rozkładu sił, podobnego jak w przypadku równi pochyłej (§ 26). Drzewo (D, D na rys. 32-im) opiera się wchodzącemu w nie klinowi; gdy więc od strony wierzchniej AB działamy na klin siłą F, skierowaną na dół, drzewo sprzeciwia się siłami: OR i PQ, wywieranemi na powierzchnie boczne: CA i CB, usiłującemi jakgdyby wprost od siebie odepchnąć te powierzchnie. Rozłóżmy opory OR i PQ, według zasady równoległoboku (§ 18.), na składowe pionowe: OW i OZ oraz na składowe poziome: OS i PT. Składowe poziome przeciwdziałają sobie i znoszą się wzajemnie; pozostają tylko składowe pionowe, które pokonywamy działaniem siły F. Otóż, im bardziej ostry jest klin, t.j. im bardziej zbliżone do pionowego jest położenie ścian bocznych CA i CB, tem mniejsze widocznie wypadną składowe pionowe, tem mniejszą przeto siłą F pokonamy ich opór.



Rys. 32.

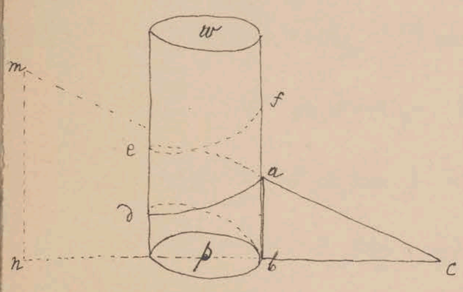
W wielu przyrządach codziennego użytku (np. w prasach, służących do kopiowania), w wielu również ścisłych, naukowych narzędziach, znajdujemy, jako ich część składową, t. zw. śrubę (шруба).



Rys. 33.

Śruba składa się z dwóch części: z walca śrubowego (веретено шрубове), czyli śruby właściwej, AB na rys. 33-im, oraz z nasady lub mutry (насад) MM na tymże rysunku. Ażeby zrozumieć, jak jest zbudowany walec śrubowy AB, weźmy

Zwyczajny walec ~~prosty~~ wp (rys. 34.) i wytnijmy z papieru trójkąt prostokątny abc taki, żeby jeden jego bok przyprostokątny np. bc miał długość równą obwodowi podstawy p walca wp. Przyłożywszy trójkąt ~~do walca~~ (jak pokazuje rysunek) i nawijając go na walec, tak, żeby bok bc przypadał wszędzie wzdłuż obwodu podstawy p, zobaczymy, że przeciwprostokątna ac zatacza na powierzchni walca linię t. zw. spiralną czyli śrubową (o jednym skręcie:) bda. Jeśli, zamiast trójkąta abc, weźmiemy podobnego lecz większego mnc, np. o boku nc = 2 bc, zobaczymy, że mc zatacza na powierzchni linię bdacf, która zawiera dwa skręty bda, acf. Otóż walec śrubowy AB ~~w śrubie~~ (rys. 33), posiada mały występ, czyli wypukłość, o trójkątnem zwykle przecięciu, który biegnie po jego powierzchni ~~wzdłuż~~, tworząc na niej taką właśnie linię śrubową. Odległość ab, albo równa jej fa, albo równa im ed (na rys. 34.) nazywa się krokiem śruby.



Rys. 34.

~~Mutrę śruby otrzymalibyśmy, Gdybyśmy takąsamą linię śrubową bdacf i t.d. narysowali na wewnętrznej, wklęsłej powierzchni wydrążenia walcowego, wyciętego w pełnej nasadzie MM~~

Wyobraźmy sobie teraz, że w nasadzie, czyli w pełnym kawałku metalu lub drzewa, wycinamy wydrążenie w kształcie walca, o promieniu równym promieniowi walca śrubowego; dalej, że na wewnętrznej, wklęsłej powierzchni tego wydrążenia rysujemy takąsamą, jak wyżej, linię śrubową bdacf; nareszcie, że wzdłuż tej linii żłobimy powierzchnię tak, żeby utworzyło się spiralne wyżłobienie, odpowiadające dokładnie wypukłości (czyli występowi) walca śrubowego; wówczas otrzymamy nasadę śrubową czyli mutrę MM (насад шрубовий, мутра) (rys. 33.) ~~śruba~~ ~~długość bc na rys. jest równa obwodowi walca, przeto,~~ Obracając walec śrubowy w jego mutrze, zmuszamy go do podnoszenia lub do obniżania się, zależnie od kierunku obrotu; ponieważ długość bc na rys. 34. jest równa obwodowi walca, przeto jeden zupełny obrót walca wywoła przesunięcie pionowe o długość ab, czyli właśnie o krok śruby. Widocznym jest

rzeczą, że występ walca śrubowego i wyżłobienie wewnętrzne nasady stanowią jakgdyby układ niezmiernie wielu krócieńkich równi pochyłych, wijących się spiralnie dokoła osi obrotu. Jak przy pomocy klina (który stanowi układ dwóch równi) mogliśmy przezwyciężać opór sił bocznych działaniem siły pionowej, tak w śrubie, wprost przeciwnie, siła pozioma, przyłożona do rękojeści (a właściwie dźwigni) AC na rys. 33., przeobraża się w działanie pionowe, które porusza walec śruby do góry lub na dół, jeżeli nasada śruby jest umocowana nieruchomo, lub, gdy ruch taki natrafia na opór, może wywierać nacisk na sprzeciwiające się ciało. – We wszystkich tych przyrządach*: w równi pochyłej, w klinie, w śrubie, mamy nadto tarcie (περιπε), nieraz bardzo znaczne, które musimy przezwyciężać. * ~~dostatnie~~, ~~gdy śruba jest mocno „dociśnięta” czyli „przykręcona”~~, Jeśli ~~w prasie~~ ściśniemy jakiebądź ciało w prasie, ~~wszystko~~ poruszanej śrubą i śrubę tę „dociśniemy” (czyli „przykręcimy”) mocno, tarcie, na jakie ruch jej musiałby natrafić, jest tak znaczne, że nawet po odjęciu ~~siły~~ zewnętrznej siły od rękojeści AC, opór ciała ściśniętego nie jest w stanie podnieść (czyli odkręcić) śruby do góry i w ten sposób uwolnić się od nacisku. –

str. 28

§ 28.

§ 19. Tarcie. Różne przykłady pracy i energii.

Jeśli siła ciężkości nie sprzeciwia się poziomemu ruchowi czemuż tedy tak trudno posunąć kamień po ziemi lub skrzynię po podłodze? Oto z powodu *tarcia* kamienia o ziemię, z powodu tarcia skrzyni o podłogę, nie z powodu ciężaru kamienia lub ciężaru skrzyni. Na całkiem inny opór natrafiamy, jeśli chcemy wóz *podnieść*, niż jeśli chcemy go *ciągnąć*. W pierwszym razie mamy do czynienia z ciężarem wozu, w drugim razie z tarciem kół o ziemię i osi o panewki. Co innego więc tarcie a co innego ciężar. Kamień doznaje znacznego tarcia o sukno a znacznie mniejszego o szkło lub lód, tymczasem ciężar kamienia jest oczywiście zawsze takisam, czy kamień leży na suknie, czy na szkle, czy na lodzie.

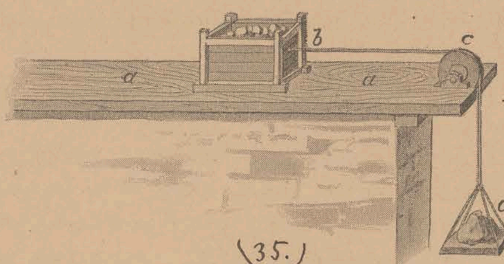
Pokonywanie oporu, wynikającego z tarcia, wymaga pracy, podobnie jak jej wymaga przezwyciężanie siły ciężkości

; ale z powyższego widzimy, że tarcie jest objawem zgoła różnym od działania siły ciężkości.

Praca siły ciężkości, praca siły sprężystości.

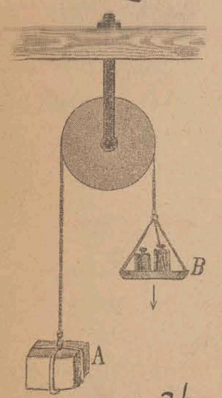
W dalszym ciągu, artykuł ten sam ale od wiersza

Kiedy człowiek wykonywa pracę, np. podnosi ciężar lub przezwycięża tarcie, możemy powiedzieć, że pracę tę wykonywa siła jego mięśni. Jak siła mięśni człowieka może wykonywać pracę, podobnież każda inna siła może ją wykonywać. Naprzykład siła ciężkości może pracować. Jeżeli np. ciężar *d*, opadając (rys. 22 35.),



Rys. 22. 35.

za pośrednictwem sznura, przerzuconego przez kółko czyli bloczek blok *c*, ciągnie skrzynkę *b* po stole *aa*, wtedy siła ciężkości będzie wykonywała pracę, która wychodzi zużywa się na pokonanie tarcia. Jeżeli, jak na rys. 23. 36., ciężar większy *B*, opadając, podnosi do góry ciężar mniejszy *A*, wtedy siła ciężkości, działająca na *B*, dostarcza pracy, potrzebnej do pokonania ciężkości ciała *A* a nadto jeszcze i tej pracy dostarcza, jaką zużywa tarcie sznurka o blok i osi bloka o panewkę, w której się kręci.



Rys. 23. 36.

Podobnie siła sprężystości może wykonywać pracę. Gdy np. zgięte drzewko się wyprostowywa, może podnieść jakiś ciężar do góry lub przezwyciężyć jakieś tarcie; tosamo może uczynić skręcona sprężyna, gdy się rozkręca. W zegarku kieszonkowym siła sprężystości dostarcza pracy, potrzebnej do pokonywania tarcia kółek i osi, w zegarze zaś ściennym czyni to siła ciężkości.

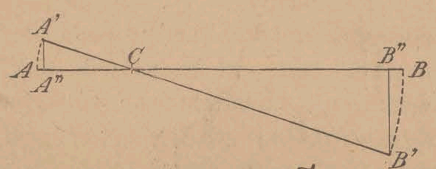
§ 28. Energia skręconej sprężyny, energia podniesionego kamienia.

Sprężyna skręcona jest każdej chwili gotowa do wykonania pracy; lecz żeby ją wykonać, musi się rozkręcać. Gdy całkowicie się rozkręci, [redacted] nie może dostarczać pracy. Zegarek nakręcony [redacted] idzie przez pewien przeciąg czasu; później zatrzymuje się bo sprężyna, która go poruszała, jest rozkręcona. A zatem skręcona sprężyna posiada jak gdyby pewien *zasób* pracy, gotowej do wydania; gdy go wyda wszystek, przestaje być zdolna do wykonywania pracy. Ten zasób pracy nazywamy *energią* skręconej sprężyny, podobnie jak energią człowieka nazywaliśmy (§ 17.) zasób pracy, do której człowiek niezmęczony jest zdolny. Powiadamy, że skręcona sprężyna *ma pewną energię*; gdy pracuje, wydatkuje z tej energii; a gdy ją wyda całą, jest wyczerpana, dalszej pracy dać już nie może.

Podobnie kamień lub inny jakikolwiek ciężar jest gotów do wykonania pracy, jeżeli może zejść jeszcze niżej, niż się w danej chwili znajduje; ażeby wykonywać pracę, kamień musi się obniżać. Np. jeśli ciężar *d* (rys. 22.) obniży się aż do podłogi, nie będzie mógł dalej [redacted] dostarczać na pokonywanie tarcia. A zatem kamień podniesiony posiada pewien zasób pracy, gotowej do wydania, który też nazywamy *energią* kamienia. Kamień, który już nie może zejść niżej, wydał energią, jaką posiadał, podobnie jak [redacted] wydała ją sprężyna rozkręcona.

§ 29. Praca nie tworzy się z niczego

Różnymi sposobami możemy podnieść ciężar do góry. Możemy go podnosić wprost ręką, albo ciągnąć wzdłuż pochyłego drążka (§ 25.); możemy go ciągnąć za pośrednictwem sznura i bloka (§ 20.), podnosić zapomocą dźwigni (§§ 11.) i wielu innymi jeszcze sposobami. Jakimkolwiek sposobem będziemy [redacted] podnosili samo podniesienie pewnego ciężaru o pewną wysokość zużyje pewną, określoną ilość pracy i *ani mniej, ani więcej*. W pewnych razach może odbywać się, oprócz podnoszenia, coś innego, co wymaga pracy dodatkowej, np. tarcie; z takiej dodatkowej pracy możemy coś oszczędzić, ale z właściwej pracy samego podnoszenia niepodobna nic żadnym sposobem oszczędzić. Podnosząc ciężar, nie możemy wykonać mniej pracy i nie możemy wykonać jej w tym celu więcej, bo praca dodatkowa zostanie zawsze zużyta na coś innego, nie na samo podnoszenie. Naprzykład, jeśli oś bloka jest niewysmarowana, podnoszenie ciężaru będzie kosztowało wiele pracy; ale nadmiar pracy naszej nie pójdzie na podnoszenie ciężaru, lecz na pokonanie znacznego tarcia. Ale, jak wiadomo (§ 16.), określoną jakąś pracę może wykonać siła mniejsza i większa. Więc może sprawić jakiś przyrząd, żeby siła mniejsza wykonywała taką pracę, do jakiej bez niego byłaby potrzebna siła większa. Ale *czego żaden przyrząd sprawić nie może, to stworzyć choćby najmniejszą ilość pracy.* Żaden przyrząd nie wykona więcej pracy, niż mu jej dostarczymy. Otoż co to znaczy. Na dźwigni można zrównoważyć ([redacted]) duży ciężar małym ciężarem. Niechaj będzie *ACB* (rys. 24.) dźwignią, *C* osią obrotu i niechaj $BC = 3$ [redacted] *AC*. W takim razie ciężar, wiszący w *A*, można zrównoważyć w *B* ciężarem trzy razy mniejszym; dodając jeszcze w *B* choćby najmniejszy ciężarek, można *A przeważyć* t. j. podnieść ciężar *A* do góry. *Małą więc siłą można, zapomocą dźwigni, pokonać znaczną siłę*. Ale jeśli ciężar *A* jest trzy razy większy od *B*, mu-



Rys. 24. 37.

V(пружина)
Γ już L dalej Λ Np.
L:
√ § 35.
/ pracy
(Праця не творится з нічого)
równi pochyłej
U 27 Ш 20, 21 ȣ śruby (§ 27)
Γ ciężar
// Ś
Przy pomocy pewnych przyrządów można sprawić,
ich pomocy przyrządów
U 37

29
36

simy go zawiesić trzy razy bliżej osi obrotu. Zatem poruszenie się dźwigni podniosłoby A o wysokość trzy razy mniejszą, niż wysokość, o którą obniżyłoby B. Tak np. podniesienie się $A'A''$ jest trzecią częścią obniżenia się $B''B'$. Gdy zaś praca, zużywana w podnoszeniu (lub dostarczana nam w obniżaniu się ciężaru) zależy nie tylko od wielkości ciężaru, ale i od wysokości przebytej [redacted], przeto widzimy, że dźwignia na podnoszenie A wydaje tyle pracy, ile jej dostarcza obniżanie się B. Dźwignia więc *nie daje żadnej oszczędności w pracy;* z powodu tarcia osi o panewkę musimy nawet w dźwignię włożyć nieco więcej pracy, niż ona nam zwróci.

Lecz, w takim razie, w jakim celu posługujemy się dźwignią? jaki pożytek osiągamy przez nią ~~pożytek~~? Na to odpowiadamy jak następuje.

Praca może być nietylko większa lub mniejsza, co do ilości; może być także rozmaita co do swego rodzaju, co do jakości. Robotnik np. wniesie bez trudności 10 cegieł na wysokość, dajmy, 12-tu metrów; ale nie jest w stanie podnieść odrazu 120 cegieł o wysokość jednego metra. Ilość pracy jest w obu razach ta sama, ale rodzaj pracy nie jest jednakowy. W pierwszym razie praca jest skutkiem działalności siły nieznacznej na drodze długiej, w drugim razie jest skutkiem działalności siły stosunkowo znacznej na drodze bardzo krótkiej. Otóż często mamy pewne źródło pracy, mamy pewną ilość pracy, którą możemy rozporządzać; ale ta ilość jest dana w postaci, która nam nie jest ~~nam~~ przydatna, dogodna. Przypuśćmy np., że posiadamy ciężar B, który może obniżyć się o trzy centymetry (rys. 30.); jest to źródło możliwej pracy; ale postać tej pracy jest niestosowna, jeśli idzie o to, ażeby podnieść do góry ciężar A, 3 razy znaczniejszy niż B, o jeden centymetr. Dźwignia, jak to widzieliśmy, zamienia niedogodną postać pracy, jaką rozporządzamy, na postać dogodną, której potrzebujemy. Usługę tę opłacamy drobną stratą pracy, która idzie na przezwyciężenie tarcia. Taki jest użytek dźwigni; taki jest użytek wszelkich maszyn. Nie wytwarzają one pracy, nie zwiększają ilości pracy, jaką mamy do rozporządzenia; nie mogą więc sprawić, ażebyśmy mogli na tej ilości coś zyskać: przeciwnie zmuszają nas ~~do~~ do pewnej (zazwyczaj ~~stosunkowo~~ nieznacznej) straty pracy, idącej na przezwyciężenie tarcia i oporów;

ale za to maszyny zamieniają niedogodne postaci pracy na bardziej dogodne.

(§ 30.) ~~§ 23.~~ Praca nie ginie.

Żeby skręcić sprężynę, trzeba wykonać pracę; ale też zato sprężyna, skoro jest skręcona, ma energię ~~(§ 21.)~~, czyli sama teraz może wykonać pracę. A zatem praca, którą wydaliśmy na skręcenie, nie zginęła, nie jest stracona; sprężyna skręcona może [redacted] każdej chwili ją zwrócić. Podobnież, żeby podnieść kamień, trzeba wykonać pracę; ale praca ta nie zginęła, gdyż kamień podniesiony ma energię, więc może [redacted] zwrócić pracę, którą wydaliśmy na podniesienie.

Przypuśćmy, że podnieśliśmy kamień o pewną wysokość i że następnie puściliśmy go swobodnie; kamień spada na dół ku ziemi. Na cóż została tu zużyta praca, którą wydaliśmy dla podniesienia kamienia? Została ona zużyta na przyśpieszenie ruchu ku ziemi. Zdjąwszy np. *nieco* ciężarków z szalki *B* na bloku (rys. ~~23.~~ 29.), sprawimy, że ciężar *A* pocznie powoli opadać; jeśli nagle wszystko z *B* zdejmiemy, *A* odrazu na dół poleci. Tu zatem praca, której dostarcza opuszczanie się ciała *A*, zużywała się najprzód na pokonywanie ciężkości *B*, a kiedy tego oporu zabrakło, obróciła się na wzmożenie ruchu samego spadającego ciała. Stąd widzimy, że *nadanie jakiemu ciału pewnej prędkości jest także pracą*, wymaga także wykonania pracy. Żeby *rzucić* kamień w górę, trzeba wykonać pracę taksamo, jak żeby go w górę *wciągnąć* lub podnieść; tylko, gdy się go rzuca, wykonywa się pracę odrazu, gdy się go wciąga lub podnosi, wykonywa się ją powoli, stopniowo.

Widzimy dalej, że kamień, gdy został rzucony, nabył przez to pewnej *energii*. Kamień rzucony może ~~coś~~ naprzykład coś przewrócić, złamać lub potłuc; kula wystrzelona może przebić ścianę; tymczasem kamień lub kula, które leżą na ziemi, nie mogą uczynić nic podobnego. Młotek samym swoim ciężarem nie wciśnie gwoździa do deski; trzeba *uderzyć* młotkiem, żeby pokonać opór ~~deski~~. Mówimy nieraz o *zamachu* lub *rozmachu* ciała, które się porusza; chcemy przez to powiedzieć, że ma ono wówczas energię. *Ciało, które się porusza, posiada pewną energię dzięki temu ruchowi.* A zatem też *praca*, jaką musimy wykonać, ażeby ten ruch ciału nadać, *nie ginie*, nie jest stracona; ciało poruszające się może [redacted] ją zwrócić, bo posiada energię, energię ruchu.

§ 31.)

~~§ 24.~~ Bezwładność. (bezwładność)

Pojmujemy teraz, dlaczego ciała same przez się nie przechodzą nigdy ze spoczynku w ruch (§ 13.). Albowiem, gdy ciało się porusza, ma energię ruchu, a tej energii nie może ~~sobie~~ samo przez się wytworzyć; do wytworzenia energii potrzeba bowiem pracy a więc działania siły jakiejś z zewnątrz. Dalej, jeżeli ciało już jest w ruchu, a więc już posiada pewną energię ruchu, wówczas nie może samo przez się tej energii powiększyć a zatem nie może samo przez się począć odrazu poruszać się prędzej. Do tego potrzeba pracy, a więc działania siły zewnętrznej.

Jak samo przez się ciało nie może zwiększyć swej energii, tak też samo przez się nie może jej *zmniejszyć*. Ciało tylko wtedy traci na energii, kiedy wykonywa pracę, więc kiedy przezwycięża opór jakiejś siły zewnętrznej. Każde *poruszające się ciało odbywa ruch swój bez zmiany, dopóki mu w tem ~~żadna~~ obca siła nie przeszkodzi. I podobnież spoczywające ciało zachowuje spoczynek swój bez zmiany, dopóki go do ruchu ~~żadna~~ obca siła nie zmusi.* Takie zachowywanie się ciał nazywamy ich *bezwładnością* (bezwładność).

Przykłady bezwładności spotykamy codziennie. Wyskakując z biegnącego powozu, czujemy, że ciało nasze dąży do zachowania ruchu. Gdy stoimy w biegnącym wagonie a pociąg nagle zwalnia, stopy nasze, oparte o podłogę, zwalniają swój bieg, ale reszta ciała przez bezwładność pochyla się naprzód. Wprost przeciwnie, jeśli stoimy w wagonie nieruchomym, a pociąg nagle ruszy, przechylamy się ~~[illegible]~~ wstecz przez bezwładność. Z podobnego powodu gmachy i budynki pękają i rozpadają się naskutek trzęsienia ziemi; fundamenty poruszają się nagle, reszta zaś budowli trwa przez bezwładność w swym poprzednim spoczynku. Korzystamy z bezwładności, gdy strząsamy z drzewa dojrzałe owoce; przez bezwładność długi kij drewniany łamie nam się w ręku, gdy, trzymając za jeden koniec, próbujemy nagle wywijać nim bardzo prędko. Jeżeli, znajdując się w wagonie, upuściliśmy pieniądz na podłogę, wówczas spadnie on do stóp naszych, bez względu na to, czy wagon biegnie, czy jest zatrzymany. To dowodzi, że moneta nawet i wtedy, kiedy spada przez powietrze (kiedy przeto nic jej nie ciągnie ani nie popycha), zachowuje ruch, jaki miała, zanim została puszczona (por. § 12.); a mianowicie zachowuje go zarówno co do prędkości, jak co do kierunku. Płynąc czółnem, wyrzućmy piłkę pionowo do góry; nie wpadnie ona do wody poza czółnem, lecz wróci do rąk naszych. A zatem piłka podczas swej drogi w powietrzu zachowuje, co do prędkości i co do kierunku, ruch, jaki miała, zanim została wyrzucona do góry, t. j. ruch czółna.

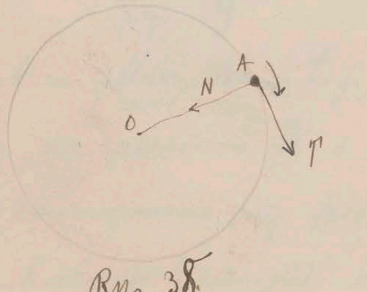
Jeżeli wózek, popchnięty po drodze, zatrzymuje się, jeżeli rozkołysana huśtawka się uspakaja, jeżeli koło na osi, wprawione w obrót, powoli przestaje się kręcić, dzieje się to wszystko nie dlatego, ażeby te ciała nie miały bezwładności, lecz dlatego, że w swym ruchu muszą przezwyciężać tarcie (§ 26.) ~~(§ 19.)~~, a do tego potrzebna jest praca, która też bierze się z energii poruszającego się ciała. To też po gładkiej posadzce kula toczy się dłużej, niż po suknie; po lodzie wózek potoczy się dalej, niż po ziemi. Rozpędzony wagon biegnie długo sam przez się po szynach; łyżwiarz sunie daleko po lodzie mocą samej bezwładności.

Rzućmy kamień pionowo do góry; wiemy, że spadnie on w to samo miejsce, z którego go wyrzucamy. Zastanówmy się nad tem. Wiemy, że cała kula ziemska obraca się dokoła swej osi, a zatem to miejsce na ziemi, w którem się znajdujemy, musi odbyć w ciągu 24 godzin drogę kołową, której promieniem jest odległość tego miejsca od osi obrotu. Droga ta kołowa jest ~~niezmiernie~~ ogromna

w pobliżu równika a tem mniejsza, im bliżej do bieguna ziemi; w naszych stronach jest tak znaczna, że każde miejsce na ziemi przebiega u nas około 300 metrów w ciągu sekundy wskutek codziennego obrotu ziemi dokoła jej osi. Zatem, gdyby nie bezwładność, kamień, rzucony pionowo do góry, zaleciałby się za powrotem na ziemię bardzo daleko od miejsca, z którego został rzucony. Naprzykład, jeśli wznoszenie się do góry i opadanie napowrót kamienia trwało 5 sekund czasu, wówczas kamień upadłby się o półtora kilometra od miejsca, z którego został rzucony, gdyby nie bezwładność. ~~Mianowicie~~ Albowiem, przez cały czas wznoszenia się do góry i opadania napowrót, kamień zachowywał (co do prędkości i co do kierunku) ruch, jaki miał przed wyrzuceniem, t.j. ruch, wynikający z obrotu ziemi; tylko dla tego powróci w to samo miejsce, z którego został rzucony.

Widzimy z powyższych przykładów, że ciała przez bezwładność zachowują ruch swój bez zmiany i co do prędkości i co do kierunku, dopóki im w tem nie przeszkodzi działanie sił obcych.

Znając zasadę bezwładności, oraz zasadę wzajemnego działania pomiędzy ciałami (§ 14.) łatwo zrozumiemy co dzieje się w (t. zw. procy.) ruchu Uwiązawszy kamień na sznurku, bierzemy drugi koniec sznurka w rękę i obracamy kamień dokoła ręki. Kamień obiega wówczas po kole, którego promieniem, OA na ryc. 38., jest sznurek. W każdem miejscu swej drogi, kamień przez bezwładność

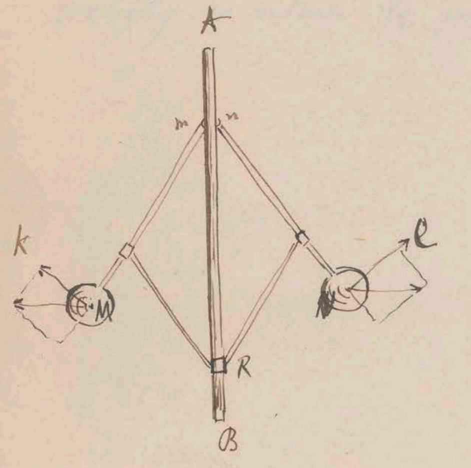


Ryc. 38.

dąży do poruszania się prosto przed siebie w takim kierunku, w jakim w tej chwili biegnie; więc, w miejscu A np., dąży do poruszania się w kierunku t. zw. stycznym AT. Aiby wciąż utrzymywać kamień na drodze kołowej, która zakrzywia się ciągle dokoła środka O, trzeba wywierać pewną siłę na kamień; wywieramy ją rzeczywiście za pośrednictwem sznurka. Lecz wszelkie wywieranie siły jest połączone z przeciwdziałaniem, ~~czyli z wywieraniem się siły przeciwnej~~, według § 14; więc powiadamy: kamień również ciągnie naszą rękę za pośrednictwem sznurka. Te dwa działania, ręki na kamień i kamienia na rękę noszą nazwę: dośrodkowego i odśrodkowego (1, 2) [illegible]. Przypuśćmy, że sznurek nagle pęka; co stanie się z kamieniem? Obadwa działania, odśrodkowe

i dośrodkowe, znikną jednocześnie; obadwa zostaną zniweczone w chwili zerwania się sznurka. Pozostanie jedynie bezwładność; więc kamień pobiegnie w kierunku stycznym do drogi, np., w miejscu A, w kierunku AF.

Istnienie odśrodkowego działania w ruchu obrotowym możemy wykazać następującem doświadczeniem. Do szklanki, uwiązanej na sznurku, wkładamy monetę; obracamy szklankę dokoła ręki, podobnie, jak kamień w procy. Podczas obrotu zdarza się ciągle, że szklanka bywa zwrócona do góry dnem; pomimo to moneta z niej nie wypadnie. Zastosowanie odśrodkowego działania spotykamy często w różnych maszynach i przyrządach. Na tej zasadzie polega np. działanie wirówek, czyli centryfug (центрифуга) używanych w cukrownictwie, w mleczarstwie i t.p.; podobnie jak działanie regulatorów odśrodkowych, jakie widzimy na lokomobilach i innych maszynach parowych. (zob. § rozdz. IV). Na osi AB (rys. 39.), która się obraca, utwierdzone są dwie kule M, N, mogące zniżać się i podnosić dzięki zawiaskom m, n. Jeżeli oś AB obraca się zbyt prędko, kule podnoszą się do góry pod wpływem działania odśrodkowego; a mianowicie pod wpływem składowych tych działań, prostopadłych do prętów Mm, Nn, t.j. pod wpływem sił Mk, Nc. Podnosząc się, kule działają na pierścień R i na mechanizm z nim połączony, który wówczas wpływa na zmniejszenie się prędkości obrotu. Działanie tego przyrządu można okazać na każdym nawpół roztwartym parasolu.



Rys. 39.

§ 32. Masa (Маса).

Energia, jaką mają rozmaite ciała, gdy poruszają się z prędkością jednakową, jest bardzo rozmaita. Gdyby np. główka młotka była zrobiona z drzewa lub z korka, uderzenie takiego młotka sprawiałoby oczywiście skutki nieporównanie mniejsze, niż uderzenie młotka o główce żelaznej. Żeby to wyrazić, powiadamy, że żelazna główka ma większą *masę*, niż drewniana lub korkowa; to znaczy, że, poruszając się z jednakową prędkością, ma *większą energię ruchu*. Podobnież duży kawał żelaza ma masę większą niż mały kawałek żelaza; ciężkim dużym młotem można wbić gwóźdź w zbitą ścianę, bardzo lekko nim uderzając.

Skoro ciało, przy pewnej prędkości, ma tem większą energię, im większą ma masę, tedy [redacted] wówczas [redacted] potrzeba ażeby w niem tę prędkość wytworzyć. Popchnijmy jednakowo mocno po kolejce (jakie bywają po fabrykach i kopalniach) jeden wózek pusty, a drugi naładowany; pusty potoczy się dalej, więc prędkość, jaką [redacted] w nim wytworzyli, była większa. Powodem tego była mniejsza jego masa. Że istotnie tak jest, widzimy stąd, że znacznie trudniej jest powstrzymać w biegu wózek naładowany niż wózek pusty, jeśli rozpędzimy jednakowo jeden i drugi. Wózek naładowany ma większą masę, zatem większą energię ruchu przy jednakowej prędkości, więc nic dziwnego, że mu tę jego większą energię odebrać jest trudniej.

tem znaczniejszej pracy,

= siły

Masa ciała jest to więc pewna własność, czyli cecha jego, (прикмета або ціха) wskazująca, jaką energią ruchu posiada to ciało, gdy porusza się z pewną prędkością; zarazem wskazująca, jakiej potrzeba pracy, ażeby w niem tę prędkość wytworzyć.

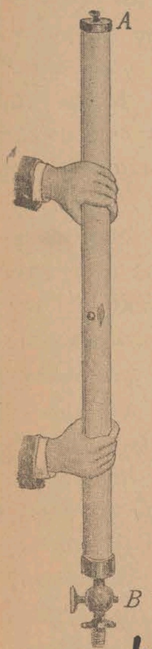
§ 33.)

~~§ 26.~~ Masa a ciężar. (Masa a ciężar)

Powiedzieliśmy, że główka młotka żelazna ma większą *masę* niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma większą masę niż mały; że wózek naładowany ma większą masę niż pusty. Ale wiemy, że główka żelazna jest też i cięższa, czyli ma *ciężar* większy, niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma ciężar większy, niż mały kawałek; że wózek naładowany ma ciężar większy, niż pusty. Pokazuje się więc, że *ciało, które ma większą masę* (masę) *ma też i większy ciężar* (ciężar)

Lecz cóż to jest ciężar ciała? Wiemy, że jest to siła, z jaką ziemia ciągnie ciało ku sobie. Gdy ciało *spada* swobodnie, zbliża się ono ku ziemi pod działaniem tej właśnie siły. ~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie, że np. główka młotka żelazna spada swobodnie i że jednocześnie główka drewniana też spada swobodnie. Zróbmy to doświadczenie; zobaczymy, że spadają one jednakowo prędko. Jeśli zaczęły spadać razem, to razem też ~~dochodzą do~~ dobiegają podłogi. Jakim sposobem tak się dzieje? Przecież na główkę żelazną działa siła większa, mianowicie większy jej ciężar? Tak jest; ale główka żelazna, która ma ciężar większy, ma też i masę większą. Większa masa potrzebuje właśnie działania większej siły, ażeby nabyć prędkość takąsamą. ~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie np., że na zupełnie gładkiej drodze albo na szynach stoją dwa wózki, jeden o masie dwa razy większej niż drugi. Jeśli popchniemy je jednakowo mocno, wózek masywniejszy potoczy się oczywiście z mniejszą prędkością. Ażeby obadwa wózki nabyły jednakowych prędkości, potrzeba dwa razy mocniej popchnąć wózek dwa razy masywniejszy, czyli przyłożyć doń siłę dwa razy większą. Zupełnie podobnie mają się rzeczy ze spadającemi ciałami. ~~Jeśli~~ Skoro ciała bardzo masywne i mniej masywne spadają jednakowo prędko, ~~to~~ tedy widocznie na ciała masywniejsze działa siła przyciągania ziemi większa, na mniej masywne — siła mniejsza. ~~Jeśli~~ Skoro masa jakaś *A*, dwa razy większa od innej *B*, spada dokładnie taksamo, jak *B*, to widocznie siła przyciągania ziemi, działająca na *A*, czyli ciężar *A* jest też dwa razy większy od ciężaru *B*. *Skoro wszystkie ciała, spadając swobodnie, nabywają prędkości jednakowych, jest to dowodem, że ciężary ciał są do siebie w stosunku takim, w jakim są masy tych ciał.*

Mogłoby się wydawać, że nie wszystkie ciała nabywają prędkości jednakowych w spadaniu swobodnem, np. kamyk, moneta, kulka metalowa spadają widocznie prędzej, niż lekkie piórko lub skrawek papieru. Pamiętajmy jednakowoż, że spadanie, jakie widujemy zwyczajnie, *odbywa się w powietrzu;* a ciało, poruszające się w powietrzu, doznaje *oporu.* Powiewając np. wachlarzem lub arkuszem tektury, czujemy opór powietrza. Trzeba uwolnić ciała spadające od tego oporu, ażeby podlegały jedynie działaniu siły ciężkości.

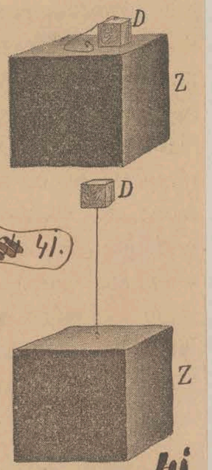


Rys. ~~25~~ 40.

§ 34. W próżni wszystkie ciała spadają równie prędko.

W następującem doświadczeniu uwalniamy się od oporu powietrza. Z rury szklanej (rys. 40), zaopatrzonej w kurek *B* (który można zaśrubować na talerzu pompy pneumatycznej, zob. ~~§ 50.~~ rozdz. II.) wyciągnięto powietrze; trzymamy ją kurkiem do góry, tak że kulka metalowa i piórko (które włożono do rury przed jej zamknięciem) leżą przy końcu *A.* Przewracamy teraz rurę raptownie; widzimy, że kulka i piórko *spadają razem i jednocześnie dochodzą do spodu.* Otworzywszy kurek, i wpuściwszy tym sposobem powietrze, i powtarzając doświadczenie, przekonywamy się, że piórko przybiega później do spodu rury niż kulka. Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego opór powietrza opóźnia bardziej spadanie piórka niż spadanie kulki? — Albowiem opór powietrza zależy od powierzchni ciała a nie od jego masy. Piórko ma większą powierzchnię niż kulka, więc doznaje od powietrza większego oporu. Nadto, ponieważ masa piórka jest mniejsza, więc ~~skutek~~ wpływ tego oporu na ruch piórka będzie większy.

Weźmy kawałek żelaza *Z* (rys. 41) i kawałek drzewa *D* i przywiążmy je do siebie zapomocą ~~sznurka~~ nitki. Kładziemy drzewo na żelazie (rys. 41 u góry) i puszczamy je swobodnie. Gdyby cięższe żelazo miało jakąkolwiek dążność do spadania prędszego, niczby mu nie przeszkadzało wyprzedzić drzewo, odłączyć się od niego, wyprężyć ~~sznurek~~ nitkę, jak na rys. 41 u dołu. Ale tego bynajmniej nie widzimy: oba ciała spadają razem i dobiegają ziemi razem, jak na rys. 41 u góry. Przeciwnie, gdybyśmy ujęli *D* w rękę, pozwolili żelazu *Z* zawisnąć (rys. 41 u dołu) i w tem położeniu ciała puścili, wówczas w temsamem położeniu dobiegają ziemi. To dowodzi, że kawałek drzewa nie ma żadnej dążności do spadania prędszego niż kawałek żelaza; obadwa ciała dążą do poruszania się z jednakową prędkością pod wpływem ciężkości.



Rys. ~~26~~ 41.

Powiadamy zatem, że wszystkie ciała spadają jednakowo prędko pod działaniem samej tylko siły ciężkości.

§ 35. Jak spadają ciała pod działaniem ciężkości?

Lecz jak prędko mianowicie spadają ciała pod działaniem ciężkości? Przedewszystkiem zauważmy, że ciało spadające nie porusza się jednostajnie,

lecz biegnie coraz prędzej ku dołowi, innemi słowy: jego prędkość staje się coraz większa. Ruch ciała spadającego jest więc przyspieszony (ускоренный), podobnie jak ruch pociągu wyjeżdżającego ze stacyi (§ 11). Istotnie, wiemy dobrze, że możemy zeskoczyć na podłogę z ławki lub z krzesła bez szwanku, ale taki sam skok z wysokości szafy albo pieca mógłby być bardzo niebezpieczny. Wiemy także, że szklanki, talerze i podobne przedmioty ulegają tem pewniej stłuczeniu, z im większej wysokości zostały upuszczone. Znany jest powszechnie kafar, czyli przyrząd, służący do wbijania pali: za pomocą bloka, łańcucha, kół i korb robotnicy wciągają w nim ciężar do góry, następnie zaś uwalniają go raptownie; ciężar spada i wbija pal w ziemię. Otóż skutki uderzenia w tym przyrządzie są tem znaczniejsze, z im większej wysokości ciężar zostanie puszczony. Skutki uderzenia ciężaru zależą oczywiście od energii ruchu, jakiej on nabywa, spadając; a ponieważ ta energia jest tem większa, im prędkość jest większa, więc znowu widzimy, że prędkość ruchu ciała spadającego rośnie, w miarę spadania, coraz bardziej. Zapytujemy zatem: jaką prędkość osiągają ciała spadające po upływie sekundy od początku spadania? jaką prędkość osiągają po upływie dwóch sekund? trzech sekund? i t. d. Z pomiarów, które uczeni wykonali wielokrotnie i starannie, okazuje się, że wszystkie ciała, spadające swobodnie w próżni, osiągają prędkość 981 cm. na sekundę po upływie sekundy, prędkość 1962 cm. na sek., czyli dwa razy większą, po upływie dwóch sekund, prędkość 2943 cm. na sek., czyli trzy razy większą po upływie trzech sekund i t. d. i t. d.

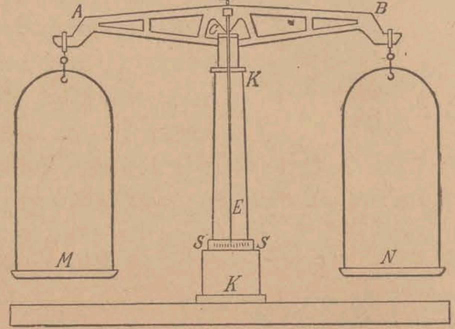
Zastanówmy się teraz, jaką drogę pionową, czyli jaką wysokość, przebywa ciało spadające swobodnie np. w ciągu pierwszej sekundy. Czy może przebywa drogę, wynoszącą 981 cm.? Bynajmniej, jak to zaraz zobaczymy.

W miarę spadania prędkość ciała zwiększa się nieustannie; a zatem już w ciągu pierwszej sekundy prędkość ta musiała zmieniać się ciągle, stawać się coraz większą. Jeśli więc podzielimy w myśli pierwszą sekundę na 981 równych drobnych części, będziemy mogli powiedzieć: początkowa prędkość jest żadna, równa zeru; w końcu pierwszej $\frac{1}{981}$ ej części, prędkość wynosi 1 cm. na sek., w końcu drugiej takiej samej cząstki wynosi 2 cm. na sek., w końcu trzeciej wynosi 3 cm. na sek, i t. d., w końcu przedostatniej, lub 980-mej, wynosi 980 cm. na sek., w końcu ostatniej, czyli w końcu całej pierwszej sekundy wynosi 981 cm. na sek. Teraz średnia pomiędzy 0 a 981 jest 490,5; średnia pomiędzy 1 a 980 jest także 490,5; pomiędzy 2 a 979, pomiędzy 3 a 978 i t. d. średnia ~~[illegible]~~ także wynosi 490,5. A zatem średnia prędkość ciała (zob. § 11.) w ciągu całej pierwszej sekundy wynosi 490,5 cm. na sek. Wiemy zaś z § 11-go, że w takim razie ciało spadające musiało, w ciągu pierwszej sekundy, przebyć taką drogę, jakgdyby było poruszało się jednostajnie, z prędkością stałą i równą 490,5 cm. na sek; to znaczy oczywiście drogę 490,5 cm. A zatem wszystkie ciała, spadające w próżni (в простор. безвоздушн.) swobodnie, przebiegają 490,5 cm. w ciągu pierwszej sekundy.

b. żadnie

§ 36. Mierzenie mas (~~[illegible]~~)

Powiedzieliśmy w § 34-ym, że wszystkie ciała, lekkie i ciężkie, nabywają prędkości jednakowych (w czasach jednakowych) pod działaniem samej tylko siły ciężkości. To zaś, jak wiemy z § 33-go, jest dowodem, że *masy większe mają też ciężary większe, mianowicie większe w tymsamym stosunku.* Zatem, *żeby mierzyć masy, trzeba mierzyć ciężary ciał.* Do tego celu służy *waga.* Składa się ona z belki *AB* (rys. ~~27~~.), w której pośrodku mieści się na dół zwrócony trójkątny słupek czyli pryzmat *C;* tym pryzmatem belka spoczywa na podstawce *K* tak, iż ostrze pryzmatu stanowi oś, około której belka się waha. Belka dźwiga z dwóch stron szalki *M, N;* w pośrodku opatrzona jest we wskazówkę *E;* kołysanie się

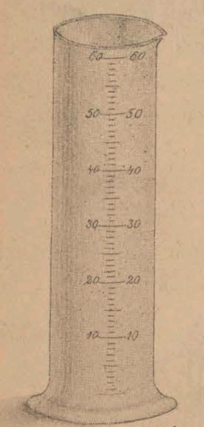


Rys. ~~27~~ ~~35~~ 42.

H ~~II~~ 42.

belki poznajemy po ruchu tej wskazówki przed podziałką *SS*. Waga taka działa zupełnie ~~jak dźwignia z rys. 17. i 18. w § 14., wogóle jak dźwignia równoramienna,~~ jaką poznaliśmy w § 21. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie (lub przynajmniej, w dobrej wadze, powinny być jednakowo ciężkie). Skoro naciśniemy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale się nie przewraca. Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładając ciężaru, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali lub też wychyla się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są *równe*. W ten sposób porównywamy ciężary różnych ciał z ciężarem umyślnie przygotowanych t. zw. ciężarków; ciężar ich jest znany, t. j. porównany z jednostką ciężaru. Jeśli ramiona belki nie są jednakowo długie, lub jeśli szalki nie są jednakowo ciężkie, wówczas waga nie jest rzetelna. Ale i na takiej wadze można przekonać się o prawdziwym ciężarze ~~danego~~ ciała za pomocą następującego sposobu. Ciało dane, położone na szalce np. lewej, równoważymy po prawej śrutem albo piaskiem; następnie zdejmujemy ciało z lewej szalki i na jego miejsce kładziemy ciężarki w ilości takiej, aż by nastąpiła równowaga; ciężar tych ciężarków będzie równać się ciężarowi ciała. Ważenie takie nazywa się tarowaniem albo ważeniem podwójnem (таровання, важення подвійне).

Porównawszy ciężar danego ciała z ciężarem ciężarków, porównywamy tem samem, jak już wiemy, też i masy ciał, które ważymy, z masą ciężarków a za ich pośrednictwem — z masą, obraną za jednostkę. Za jednostkę masy obrano *gram (g)*, t. j. masę jednego centymetra sześciennego czystej wody. Dziesięć gramów nazywamy *dekagramem*, tysiąc gramów — *kilogramem*, tysiączną zaś część grama — *miligramem*. A zatem milimetr sześcienny wody ma masę miligrama, czyli waży miligram; litr (czyli decymetr sześcienny) wody waży kilogram, metr sześcienny wody waży tysiąc kilogramów.



Rys. ~~28.~~ 43.

Na rys. ~~28.~~ 43. widzimy kubek szklany *dzielony*: skala nacięta na szkle oznacza, że aż do kreski 10 np. mieści się w nim dziesięć gramów wody i t. d. Mając wagę i dokładne ciężarki, można przyrządzić taki kubek albo też sprawdzić rzetelność gotowego kubka. Można też i na odwrót, mając kubek dzielony, sporządzić gramowe ciężarki.

~~(Одиниця сили, одиниця праці)~~

§ 37. Jednostka siły i jednostka pracy

Jak jednostką długości, pola, objętości, czasu, prędkości, jest pewna długość, pewne pole, pewna objętość, pewien ~~przeciąg~~ okres czasu, pewna prędkość, które raz na zawsze zostały wybrane (por. §§ 5, 6.) jak jednostką masy jest pewna masa raz na zawsze obrana, mianowicie gram, podobnież jednostką siły musi być pewna określona i łatwa do odtworzenia siła, jednostką pracy musi być pewna określona i łatwa do odtworzenia praca. Za jednostkę siły przyjmuje się często ciężar 1 grama, albo też ciężar 1 kilograma; wiemy istotnie, że ciężar pewnego ciała jest to siła, z jaką

ziemia przyciąga to ciało ku sobie. Jednak że należy pamiętać, że wyraz kilogram oznacza właściwie pewną masę, mianowicie masę litra wody czystej (§ 36.); jednostką siły nie jest więc właściwie kilogram, lecz ciężar jednego kilograma.

Wyobraźmy sobie, że jakakolwiek, równa ciężarowi 1 kilograma siła pracuje na drodze, równej 1 metrowi; wykona ona wówczas pewną określoną pracę, którą nazywano jednym kilogrammetrem. Za jednostkę pracy obiera się często kilogrammetr. Widzimy odrazu, że dla podniesienia jednego kilograma o wysokość jednego metra trzeba wykonać pracę 1 kilogrammetra. ~~podnosząc kilogram o wysokość metra, zużyjemy zazwyczaj wprawdzie więcej pracy, ale, jak wytłomaczyliśmy w §§ 23. i 29., na samo podniesienie pójdzie zawsze tylko 1 kilogrammetr pracy i ani mniej, ani więcej, reszta zaś pracy pójdzie na pokonanie tarcia, oporów i tym podobne uboczne wydatki. Na tej zasadzie nie możemy coś osiągnąć, używając stosownie zbudowanych przyrządów, ażeby coś oszczędzić na właściwej pracy podniesienia, ażeby wydać mniej pracy, niż jeden kilogrammetr [illegible]. Wiemy, że~~ Pozwoliwszy kilogramowi opuścić się na dół o metr, uzyskamy 1 kilogrammetr pracy; więc gdybyśmy umieli go podnieść wydatkiem pracy mniejszym niż 1 kilogrammetr, potrafilibyśmy, za każdem podniesieniem i opuszczeniem, zyskiwać pracy więcej, niż jej wydajemy, t. j. potrafilibyśmy wytwarzać pracę z niczego, wytwarzać jej tyle, ileby się nam podobało; ~~[illegible]~~

~~to zaś jest niemożliwe, jak wiemy z § 29-go.~~

to zaś jest niemożliwe, jak wiemy z § 29-go.

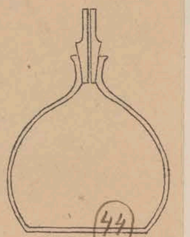
§ 38. ~~§ 29.~~ Gęstość.

Zróbmy sześciany, ~~mające po centymetrze długości w krawędzi, a więc~~ równe każdy centymetrowi sześciennemu. Zróbmy jeden z ołowiu, drugi z żelaza, trzeci ze szkła, czwarty z lodu, piąty z drzewa (np. jodłowego), szósty z korka. Widzimy odrazu, że sześcian ołowiany jest najcięższy, a korkowy najlżejszy. Ale zapomocą wagi możemy poznać dokładniej, że:

sześcian	waży około		sześcian	waży około
ołowiany	11 gramów	—	z lodu	$\frac{9}{10}$ grama
żelazny	$7\frac{1}{2}$ „	—	z drzewa	$\frac{1}{2}$ „
szklany	$2\frac{1}{2}$ „	—	z korka	$\frac{1}{4}$ „

Gdyby można było zrobić z wody taką samą bryłkę, równą centymetrowi sześciennemu, ważyłaby ona jeden gram. Widzimy więc, że w pewnej objętości ołowiu, żelaza i szkła mieści się masa większa, niż w tejsamej objętości wody; a w pewnej objętości lodu, drzewa i korka mieści się masa mniejsza, niż w tejsamej objętości wody. Mówi się, że ołów, żelazo i szkło są *gęstsze* a lód, drzewo i korek — *mniej gęste* niż woda. Gęstością (~~zgęszczeniem~~) nazywa się liczba gramów w centymetrze sześciennym. A zatem woda ma gęstość 1, ołów ma gęstość 11, żelazo $7\frac{1}{2}$, szkło $2\frac{1}{2}$, lód 0·9, drzewo jodłowe 0·5, korek 0·25. Miedź ma gęstość 9, metal glin (aluminium) ma gęstość 2,7 a więc, jak na metal, nie znaczną.

Rtęć jest cieczą taksamo jak woda, ale ma gęstość bardzo znaczną. Zrównoważmy na szalkach wagi dwa kubki jak na rys. 28. Jeśli do jednego wlejemy 10 centymetrów sześciennych rtęci, trzeba będzie wlać do drugiego 135 centymetrów sześciennych wody, żeby przywrócić równowagę. Zatem gęstość rtęci wynosi 13·5. Gęstość alkoholu (wyskoku) wynosi 0·8, a gęstość oliwy 0·9. Mierzymy gęstość tych cieczy najlepiej zapomocą bańki szklanej (rys. ~~29~~ 44), którą ważymy najprzód pustą, później pełną wody (aż do jakiejś kreski w wydrążonym koreczku), pełną alkoholu, oliwy i t. d. Odejmując za każdym razem ciężar bańki pustej, znajdziemy ciężary wody, alkoholu, oliwy, które wypełniały tęsamą objętość a stąd gęstość alkoholu i oliwy. Gęstość zwykłej nafty wynosi około 0.85; gęstość gliceryny około 1.25.

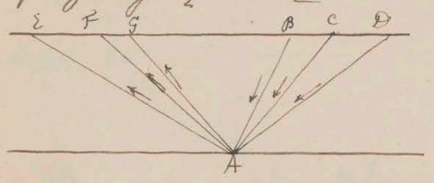


Rys. 44 ~~29~~

~~§~~ 44

§39. Energia ciała, poruszającego się pod wpływem ciężkości
(Енергія тіла, порушаючогося ся під впливом тяжкости)

Powróćmy do rysunku 26-go w § 26-ym i przypuśćmy, że linie BA, CA, DA wyobrażają np. rynienki, po których pozwalamy zbiegać na dół kulom, wypuszczając je z B, C, D. Jeśli B, C, D leżą na jednym poziomie, wówczas na podniesienie kul jednakowo ciężkich po drogach AB, AC, AD potrzeba pracy jednakowej (§ 26); zatem i odwrotnie: stoczenie się ich na dół wzdłuż BA, CA i DA wytworzy pracę jednakową. Praca ta, jak wiadomo, ~~z § -go~~, obróci się na nadanie kulom pewnych prędkości; zatem (zaniedbując tarcie) wnosimy, że kule przybiegną do A po drogach BA, CA, DA z jednakowemi prędkościami.

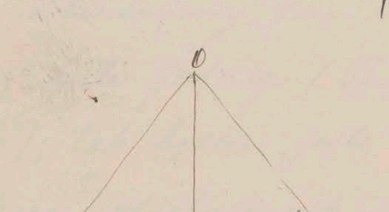


Rys. ~~§~~45.

Przypuśćmy teraz na chwilę, że moglibyśmy wprowadzić kule te w miejscu A na nowe drogi AE, AF, AG (rys. 45.), zachowując im prędkości, z jakiemi przybiegły do A. Jak wysoko w górę (pomijając tarcie) poszłyby wówczas kule pomimo działania ciężkości? Aż do miejsc E, F, G, leżących na tym samym poziomie, jak B, C i D. Istotnie, kule biegłyby w górę dopóty, dopóki energja ruchu, jaką miały w A, nie wyczerpałaby się na pracę wzniesienia. ~~Lecz~~ Otóż energja ich ruchu w miejscu A powstała z pracy, zyskanej przez zejście z poziomu BCD do poziomu A; zatem wystarczy jej właśnie na wzniesienie się do tego samego poziomu EFG.

§40. Ruch wahadła (~~Рух маятника~~).

Ruch wahadła (Рух маятника) (§§ 17, 18) jest podobny do powyższego przykładu, z tą różnicą, że kula wahadła (rys. 46.) zbiega na dół (np. w miejscu B) po łuku koła BA, zamiast po linii prostej; zbiega więc po linii o coraz to innem, czyli zmiennem, ~~p~~nachyleniu, gdy wprzódy zbiegała po linii prostej, o ~~p~~nachyleniu stałem. Ale wiemy,

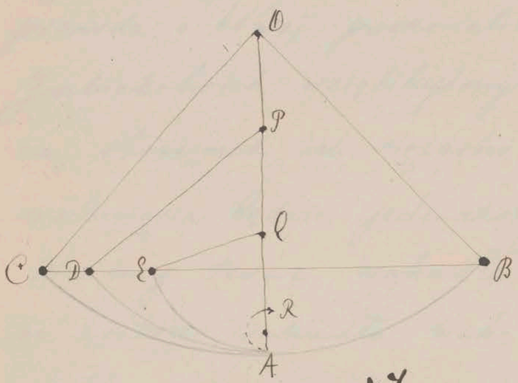


Rys. 46.

~~z §§ 25-go i -go~~, że ~~p~~nachylenie drogi nie wpływa ani na pracę wznoszenia lub obniżania się, ani na energię ruchu, jaka się wytwarza. Powiadamy więc: jeśli

puścimy wahadło w ruch w położeniu B, wówczas, przebiegłszy przez (miejsce) A, podniesie się ono z drugiej strony do tego samego poziomu, z jakiego zostało puszczone, t. j. do ~~punktu~~ miejsca C. (Zaniedbujemy znowu straty energii ruchu, jakie wynikną z oporu powietrza, tarcia w punkcie O i t. d.) Przejście od B do C i napowrót od C do B nazywamy jednem wahnięciem (одно колебание)

Można urządzić wahadło tak, ażeby kula jego przebiegła drogi rozmaicie nachylone. W tym celu wbijamy gwóźdź w miejscu np. P (rys. 47). Wahadło odbędzie drogę BA tak samo jak poprzednio, ale, poczynając od A, pójdzie wzdłuż AD, nitka bowiem zagina się o gwóźdź P. Nowa droga AD jest oczywiście bardziej stroma, niż dawna AC, kula wahadła jednakże dojdzie znowu do tego samego poziomu jak wprzódy, a zatem do D. Jeśli wbijemy gwóźdź w miejscu Q, kula wahadła dojdzie po drodze AE do punktu E, więc znowu do tego samego poziomu. Gdybyśmy wbili gwóźdź w miejscu R, tak iż swobodna część nitki nie wystarcza na dojście kuli do poziomu BCDE, wówczas wahadło owinie się dokoła gwoździa, albowiem po największem możliwem wzniesieniu się energia ruchu kuli jeszcze nie jest całkowicie wyczerpana na pracę przeciwko ciężkości.

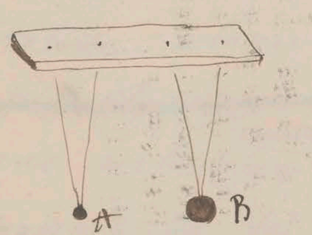


Rys. 47.

§ 41. Czy wszystkie wahadła wahają się jednakowo prędko?

(~~Все ли маятники колеблются одинаково скоро?~~)

Zbudujmy dwa wahadła A, B (rys. 48.) jednakowo długie. Niechaj kula jednego (B) ma masę ~~[illegible]~~ 4 razy większą niż kula drugiego (A); tak będzie, jeśli obie są np. żelazne i jeśli kula B ma ~~dwa~~ 4 razy większą objętość niż A. (Na rysunku widzimy każde wahadło zaopatrzone w dwie nitki, dla pewniejszego utrzymywania się ~~ge~~ w jednej płaszczyźnie wahania się). Wahanie się wahadeł, jak wiemy, jest tylko pewnym rodzajem kolejnego spadania i podnoszenia się kul pod działaniem ciężkości; widzieliśmy zaś w §§ 33. i 34., że wszystkie ciała, lżejsze i cięższe, spadają jednakowo prędko pod działaniem ciężkości. Zatem wnosimy, że obadwa wahadła A, B (rys. 41) powinny wahać się jednakowo



Rys. 48.

prędko, że czas jednego wahnięcia jest dla nich jednakowy. Sprawdzimy to łatwo: odchyliwszy A i B przy pomocy podstawionego pręta, usuwamy ten pręt nagle i jednocześnie z pod obu wahadeł. Zobaczymy, że wahadła wahają się razem; dopiero po upływie długiego czasu wahadło cięższe zaczyna wyprzedzać lżejsze, co jest skutkiem oporu powietrza. Zatem widzimy, że kula o masie ~~dwa~~ 4 razy większej ma też i ciężar ~~dwa~~ 4 razy większy, czyli jest ~~dwa~~ 4 razy silniej przyciągana przez ziemię; jest to prawda, o której przekonaliśmy się już w §§ 33. i 34 ym innym sposobem. Jakiekolwiek wzięlibyśmy kule A, B: żelazne, ołowiane, mosiężne, kamienne, stosunek ich ciężarów będzie taki sam jak stosunek ich mas i czas wahnięcia będzie jednakowy.

Weźmy teraz wahadła niejednakowo długie; przekonamy się zaraz, że krótsze wahadło waha się prędzej, t. j. że czas wahnięcia jest dla niego krótszy.

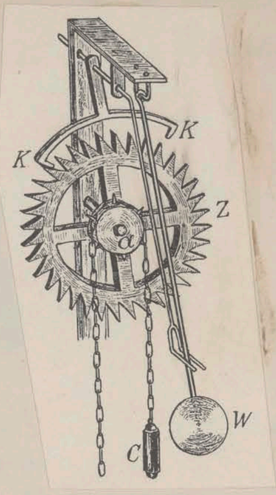
Prawa swobodnego spadania i ruchu wahadeł odkrył ~~[illegible]~~ wielki uczony Galileusz, który żył we Włoszech, w końcu XVI-go i na początku XVII-go stulecia.

§ 42. O czasie małych wahań (~~[illegible]~~)

Zważajmy dokładnie, z zegarkiem w ręku, w jaki sposób waha się wahadło, kiedy nie odchyla się znacznie od położenia równowagi OA na rys. 46-ym (§ 40), kiedy wykonywa małe, drobne tylko wahania wprawo i wlewo od tego położenia. Porachujmy ile wahnięć wykonało wahadło w ciągu pierwszej, ile w ciągu drugiej, trzeciej .... minuty; albo też, jeśli mamy zegarek opatrzony sekundnikiem, zważajmy, ile sekund trwało dziesięć pierwszych wahnięć, ile sekund – następnych dziesięć, ile – jeszcze dalszych dziesięć i t. d. Przekonamy się, że, chociaż wychylenia krańcowe (OB, OC na rys. 46.), pomiędzy któremi odbywają się wahania, zmniejszają się powoli, pod wpływem oporu powietrza, jednak czas trwania wahnięcia nie zmniejsza się, jest ciągle ten sam. Jest to istotnie własność ruchu wahadłowego, że czas wahnięć ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ bardzo małych jest jednakowy; innemi słowy, że czas wahnięcia (wahadła danej długości) nie zależy od wychylenia, gdy wychylenia ~~[illegible]~~ te są bardzo nieznaczne. Na tej zasadzie polega zastosowanie wahadła do regulowania czyli ujednostajniania biegu zegarów. Na rys. 49-ym widzimy najważniejszą część mechanizmu zega-

46

53



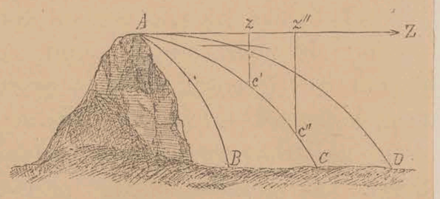
Rys. 49

rowego. Ciężar C obniża się pod wpływem siły ciężkości, zatem wprowadzałby walec a w obrót niejednostajny, mianowicie w coraz ~~prędszy~~ szybszy (§ 35), gdyby nie przeszkadzało temu wahadło W. Wahadło to, wahając się, wyzwala po kolei zęby koła zębatego Z za pośrednictwem kotwicy (sztop, sztyk) czyli wychwytu K; koło Z jest osadzone na walcu a, więc walec może obrócić się tylko o jeden ząb koła za każdem wahnięciem wahadła. Wahnięcia trwają czas jednakowy, tym więc sposobem ruch walca i połączonych z nim dalszych kół i kółek ujednostajnia się. Wahadło W zaś nie może uspokajać się i ustawać w wahaniach, gdyż nacisk koła Z na kotwicę zmusza je ~~ciąg~~ ~~ł~~ (do ruchu) nieustannie. —

§ 43

~~§ 30~~. Ruch ciała rzuconego. (~~Rys. mina Kamerowa~~)

Gdy puszczamy jakie/ ciało swobodnie, biegnie ono na dół po linii pionowej ~~(§ 11)~~. Lecz jak się ciało poruszy, gdy je rzucimy z pewną prędkością w jakim bocznym kierunku? Będzie odbywało dwa ruchy jednocześnie (§ ~~9~~): ten, który my sami nadaliśmy i ten, który wytwarza siła ciężkości. Przypuśćmy, że z wieży lub góry wystrzelono kulę armatnią w kierunku AZ (rys. ~~30~~). Gdyby nie było ciężkości, kula pobiegłaby w kierunku AZ i przez bezwładność musiałaby biedz w tym kierunku coraz dalej i dalej. Ale siła ciężkości od pierwszej chwili pociąga kulę ku dołowi. Dlatego, zamiast do z np., kula dochodzi do c'; zamiast do z'', dochodzi do c'' i t. d.; jednem słowem odbywa drogę AC. Gdyby wystrzelono kulę z większą prędkością (np. zapomocą silniejszego naboju), zdążyłaby ona pobiedz dalej w stronę AZ, zanimby ciężkość zdołała pociągnąć ją o tyleż, jak wprzódy, ku dołowi; zatem ~~przy~~ większej początkowej prędkości drogą kuli będzie np. AD. W razie mniejszej prędkości, przeciwnie, drogą/ będzie np. AB.



Rys. ~~30~~

|-kolwiek

↓ 12

50.

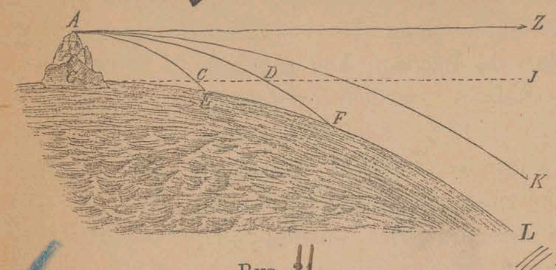
50.

H w razie

↓ jej

§ ~~31~~ 44. Bieg księżyca dokoła ziemi. (Odiz [rzucanie] gotkowa ziemii)

Wiemy, że ziemia nie jest płaska, lecz kulista; rozważmy więc [jeszcze raz] ruch ~~naszej~~ kuli [armatniej z § 43-go], pamiętając o tem. Na rys. ~~31~~ [51-ym] widzimy część ziemi ~~GEFL~~. Gdyby ziemia była płaska, kula, wystrzelona z *A*, byłaby spadła, jak powiedzieliśmy, w *C*; istotnie więc spadnie nie w *C*, lecz w *E*. Wystrzelona silniej, spadnie nie w *D*, lecz w *F*. Widzimy, że powierzchnia ziemi *GL* obniża się coraz bardziej pod poziom linii *GJ* tak, jak linie *AE* i *AF* obniżają się pod poziom *AZ*; tylko, że linie *AE* i *AF* obniżają się prędzej, więc dochodzą do powierzchni ziemi *GL*. Możemy jednak pomyśleć, że wystrzelono kulę z wierzchołka *A* z taką prędkością, że pobiegnie ona po drodze *AK*, t. j. po drodze, która obniża się zupełnie taksamo pod poziom *AZ*, jak *GL* obniża się pod poziom *GJ*. ~~Wówczas kula, chociaż ciągle~~



Rys. ~~31~~ 51.

~~Powiedzmy iż~~ Możemy (wyobrazić sobie) ~~pomyśleć~~

że wystrzelono kulę z taką prędkością; środki dotychczas znane nie wystarczają na to, ażeby to rzeczywiście wykonać. Wyobraźmy sobie jednak, że wynaleziono sposób wyrzucania pocisków potężniejszy, niż dzisiejsze armaty; że wystrzelono kulę z wierzchołka *A* z tak wielką prędkością, iż biegnie ona po drodze *AK*. Wówczas kula, chociaż ciągle

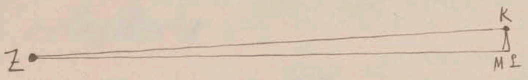
spada, nie zbliża się do ziemi; o ile bowiem kula zniża się pod działaniem ciężkości, o tyleż zniża się powierzchnia [samej] ziemi wskutek swej kulistości. Co zatem stanie się z kulą? okrąży ziemię i powróci do *A* ze strony przeciwnej. Gdyby ~~[illegible]~~ w którémś miejscu tej drogi [np. w *A*] siła ciężkości [nagle] działać przestała, kula pobiegłaby dzięki bezwładności po linii takiej, jak *AZ* w miejscu *A* [czyli po t. zw. stycznej]; ale tak być nie może, bo siła ciężkości jest czynna ciągle, bez przerwy. Więc działanie ciężkości polega na tem, że zakrzywia ona ustawicznie drogę ~~naszej~~ kuli i tym sposobem nie pozwala jej odbiedz od ziemi; a znowu bezwładność kuli krążącej nie pozwala jej uledz ciężkości i upaść na ziemię.

Wiemy, że siła ciężkości działa na najwyższych górach i w największych wysokościach, do jakich wzniesiono się balonami. Księżyc znajduje się jeszcze znacznie wyżej nad nami, znacznie dalej od ziemi; ale niewątpliwie i w księżycowej odległości ciężkość jeszcze jest czynna. Teraz rozumiemy, dlaczego księżyc obiega wciąż ~~naszą~~ ziemię dokoła, ani nie spadając na nią, ani nie odbiegając od niej. Bo *księżyc krąży tak, jak nasza kula, która pobiegła po drodze AK*. Zatem ta sama siła przyciągania ziemi, która nadaje ciałom ciężar, która wypręża pion i zmusza upuszczone jabłko do spadania, tasama siła nie pozwala księżycowi odbiedz po linii takiej, jak *AZ* w miejscu *A* (rys. ~~31~~ 51.), lecz ustawicznie zakrzywia jego drogę i zmusza go tym sposobem do krążenia dokoła ziemi.

Jak powiedzieliśmy w §§ ~~20-ym i 28-ym~~ 33. i 34. im większą masę ma jakie ciało, tem też większy ma ciężar, a mianowicie większy w tymsamym stosunku. Ponieważ zaś ciężar ciała [jest] to siła przyciągania, jaką ziemia ~~na to ciało wywiera~~, więc powiadamy: siła przyciągania ciała przez ziemię jest tem większa, im większa jest masa ~~tego~~ ciała, a mianowicie większa w tym samym stosunku, jak masa.

§ 45. Prawo przyciągania (~~Zakon ciążenia~~)

Księżyc obiega raz dokoła ziemi w ciągu 27 dni, 7 godzin, 43 minut i 11 sekund; innemi słowy w ciągu 2360591 sekund. Ponieważ trzyma się on od środka ziemi na odległości, przeszło 60 razy dłuższej niż promień kuli ziemskiej, t. j. na odległości około 384000 kilometrów, przeto obwód koła, po którem księżyc biegnie, mierzy około 2415200 kilometrów długości. A zatem, po drodze swej dokoła ziemi, księżyc przebiega przeszło kilometr, mianowicie około 1025 metrów w ciągu każdej sekundy. Możemy stąd obliczyć, o ile zakrzywia się, w kierunku ku ziemi, droga księżyca w ciągu każdej sekundy.



Ryc. 52.

Przypuśćmy np., że ziemia jest w Z a księżyc jest w K (ryc. 52). Gdyby go ziemia nie przyciągała, księżyc podążyłby w kierunku KL; tymczasem, porusza się on rzeczywiście po łuku KM skutkiem przyciągania (~~po~~ ściąganie) ziemi. Wyobraźmy sobie, że powiększono rysunek 52 aż do rozmiarów prawdziwych; wówczas odległość ZK ma 384000 kilometrów długości, łuk zaś KM, jeśli księżyc przebiega go w ciągu jednej sekundy, ma nieco więcej niż 1 kilometr długości. Ponieważ więc odległość ZK jest tyle razy dłuższa od długości KM, więc łatwo zrozumieć, że odcinek ML wypada nadzwyczaj krótki; można obliczyć, że miałby tylko 1,36 mm. długości. Zatem przyciąganie ziemi sprowadza księżyc z drogi, którą odbywałby przez bezwładność, o długość 1,36 mm w ciągu każdej sekundy. Innemi słowy: gdybyśmy księżyc nagle zatrzymali a potem puścili go swobodnie, począłby zaraz biedz wprost ku ziemi i w pierwszej sekundzie zbliżyłby się do niej o 1,36 mm. Wiemy jednak dobrze, że wszystkie ciała, lżejsze i cięższe, spadają jednakowo prędko pod wpływem przyciągania ziemi. Zatem nietylko księżyc, lecz wszelkie wogóle ciało, spadające ku ziemi z księżycowej odległości, przebiegłoby 1,36 mm. w ciągu pierwszej sekundy. Tymczasem, każde ciało na powierzchni ziemi, spadając swobodnie, przebiega 490,5 cm czyli 4905 mm w ciągu pierwszej sekundy (§ 35.); więc przebiega drogę około 3600 razy dłuższą, niżby to uczy-

nito w odległości księżycowej. Stąd wnosimy, że przyciąganie ziemskie jest 3600 razy słabsze w odległości księżyca od środka ziemi, niż na powierzchni ziemi; to znaczy, że w odległości 60-ciu promieni ziemskich, jest 3600 razy słabsze, niż w odległości jednego promienia. ~~Lecz~~ Otóż

$$3600 = 60 \times 60 ;$$

mówimy więc, że ~~i dlatego nazywamy~~ liczba 3600 jest kwadratem liczby 60. A zatem powiadamy: gdy ciało oddala się od ziemi, przyciąganie, którego od niej doznaje, zmniejsza się tyle razy, ile razy zwiększa się kwadrat odległości jego od środka kuli ziemskiej. Można też krócej powiedzieć: przyciąganie ziemi słabnie w stosunku odwrotnym do kwadratu odległości;

§ ~~32~~ 46. Ciążenie powszechne (~~[illegible]~~ zarazem)

Jak księżyc dokoła ziemi, podobnie krąży ziemia dokoła słońca. Utrzymując się w odległości 149 milionów kilometrów od słońca i obiegając w ciągu roku koło, zakreślone tak ogromnym promieniem, ziemia nasza w ciągu sekundy przebiega blisko 30 kilometrów (dokładniej 29·6). Ziemię, ożywioną taką znaczną prędkością, utrzymuje na wodzy przyciąganie słońca; albowiem przyciąganie działa pomiędzy słońcem a ziemią podobnie, jak ~~działa ono~~ pomiędzy ziemią a księżycem. Bryła słoneczna [redacted] swem przyciąganiem /utrzymuje na wodzy nie tylko ziemię, lecz również i inne ciała niebieskie, które widujemy nocą jako świetne gwiazdy i które nazywamy *planetami*. Słońce przyciąga ziemię i planety, ustawicznie zakrzywia ich drogi i zmusza je tym sposobem do krążenia dokoła siebie.

Dokoła niektórych planet biegną księżyce, podobnie jak dokoła naszej ziemi; planety przyciągają swoje księżyce, podobnie jak ziemia [redacted] przyciąga [redacted] księżyc, jak słońce przyciąga ziemię i planety. Co więcej: i [redacted] księżyc przyciąga [redacted] ziemię; i [redacted] ziemia przyciąga słońce; i planety przyciągają słońce i są przyciągane przez swoje księżyce. *Przyciąganie pomiędzy ciałami jest zawsze obustronne, wzajemne;* dlatego nazywamy je także *ciążeniem* ([illegible]). Jest ono tem większe, im większe są masy przyciągających się ciał. Ziemia więc przyciąga kamień i kamień przyciąga ziemię; przyciąganie z obu stron jest dokładnie jednakowe, ponieważ zależy zarazem od masy ziemi i od masy kamienia; ale tasama siła nadaje ciału prędkość tem mniejszą, im masa tego ciała jest większa (§ [illegible]). Owóż masa ziemi jest miliony milionów razy większa, niż masa kamienia; dlatego, gdy oba ciała poczynają spadać ku sobie, bieg ziemi ku kamieniowi jest miliony milionów razy powolniejszy, niż bieg kamienia ku ziemi. Powiadamy zatem, że przyciąganie pomiędzy dwoma ciałami jest zawsze obustronne, wzajemne; jest to zresztą tylko przykład na ogólną zasadę (§ 14.) że z wszelkiem działaniem, z istnieniem wszelkiej wogóle siły, połączone jest przeciwdziałanie, czyli istnienie siły równie znacznej, ale skierowanej wprost przeciwnie.

U 32

Pomiędzy wszystkiemi bez wyjątku ciałami na świecie istnieje takie wzajemne ciężenie. Wiemy, że ziemia przyciąga ku sobie kulę pionu; otóż kulę taką przyciąga ku sobie i góra, tylko słabiej, niż ziemia, gdyż masa góry jest znacznie mniejsza, niż masa ziemi. To też w pobliżu góry pion nie wisi dokładnie pionowo, lecz odchyla się ku niej nieznacznie. ⟦ ~~Wy[illegible]~~ Wyobraźmy sobie dwa kilogramy A, B, położone niedaleko siebie. Możemy być pewni, że one się przyciągają wzajemnie. Lecz siła ta jest nieznaczna, tak że odczuć jej, np. ~~[illegible]~~ mięśniami, zgoła nie możemy. Uczonym udało się wykazać bezpośrednio (a nawet i zmierzyć) przyciąganie pomiędzy dwoma ~~[illegible]~~ kilogramami, za pomocą nadzwyczaj czułych przyrządów. Możemy łatwo zrozumieć, że to przyciąganie musi być bardzo słabe. Weźmy kilogram A w rękę; ciężar jego, który czujemy, to jest przyciąganie, czynne pomiędzy kilogramem A a ziemią. Przyciąganie pomiędzy tym kilogramem A a drugim B jest oczywiście tyle razy mniejsze od ciężaru A, ile razy masa kilograma B jest mniejsza od masy ziemi.

⟦ A cap.

Wody oceanów są również przyciągane przez słońce i księżyc; ztąd powstaje zjawisko, zwane przypływem i odpływem morza. Jednem słowem, *ciężenie jest powszechne* √

√ (загальное)

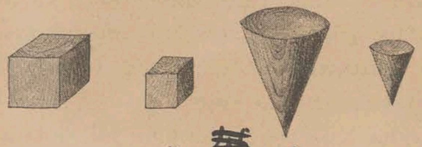
Ciężenie powszechne ~~panuje w świecie~~ rządzi ruchem ciał niebieskich i ziemskich. Wykrył to uczony angielski, nazwiskiem *Newton* (czyt. Niuton), który żył od r. 1643-go do r. 1727-go. Newton udowodnił, że prawo powszechnego ciężenia jest takie same, jak prawo przyciągania między księżycem a ziemią (§ 45.) a mianowicie: ciężenie jest *w stosunku prostym do mas a odwrotnym do kwadratów odległości ciał, ku sobie ciążących.* Astronomowie więc, znając ~~[illegible]~~ siły, wywierane przez słońce, ziemię, planety, księżyce i t. d. wzajemnie na siebie, umieją obliczyć (na zasadzie prawa Newtona), jak się te ciała poruszają i jak poruszać się będą w przyszłości; zatem mogą *przepowiadać* wydarzenia na niebie, np. położenia planet, bieg komet, zaćmienia i t. d. Odkrycie prawa powszechnego ciężenia pozwoliło więc myśli ludzkiej ~~[illegible]~~ opanować ~~[illegible]~~ bieg wydarzeń na niebie; dlatego Newton odkryciem swojem ~~[illegible]~~ zasłużył na cześć i uwielbienie ludzkości. —

(Koniec rozdz. I-go)

ROZDZIAŁ DRUGI.

O ciałach stałych, ciekłych i gazowych.

§ [illegible]. Objętość a postać.



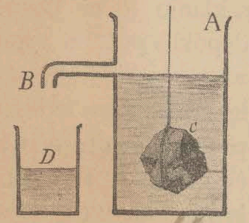
Rys. 53.

Każde ciało ma pewną postać. Cegła np. ma postać prostopadłościanu, świeca i ołówek — postać walca, lejek ma postać stożka. *Postać* jest to własność zupełnie inna niż *objętość* (§ 1.). Dwa sześciany np. lub dwa stożki na rys. [illegible]. mają jednakową postać, lecz niejednakową objętość. Dwa walce na rys. [illegible]. mają przeciwnie jednakową objętość, postać zaś niejednakową. W ogóle dwa ciała *różnej* i niepodobnej postaci mogą mieć objętość *jednakową*.



Rys. 54.

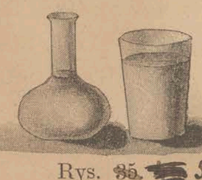
Weźmy naczynie *A*, opatrzone w wypływ boczny *B*, rys. [illegible]; napełnijmy je wodą, a kiedy wypływ przez *B* ustanie, wprowadźmy ciało *C* i zbierzmy w *D* wodę, którą *C* wypchnęło. Ciało *C* ma tyle centymetrów sześciennych objętości, ile gramów waży woda zebrana (§ 28.). Jakakolwiek jest postać ciała *C*, objętość jego będzie takasama, jak objętość wody w *D*. Jeśli kamień, ręka, roślina wypychają jednakową ilość wody, mają objętość jednakową, równą objętości wody wypchniętej.



Rys. 55.

§ [illegible]. Ciała stałe i ciekłe.

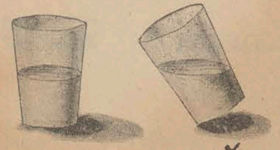
Kawałek drzewa leży na stole; ma on pewną postać, np. jest długim i cienkim prostopadłościanem. Jeśli go położymy na boku, postawimy pionowo lub wstawimy do szklanki, *nie zmieni postaci*, pozostanie takim prostopadłościanem jak przedtem. Podobnie zachowa się kawałek żelaza, kawałek szkła, kawałek kauczuku. Każdy ma własną postać i zachowuje ją bez względu na ciała, przy których lub na których się znajduje. Nazywamy dlatego kawałek drzewa ciałem *stałem*; kawałek żelaza, szkła, kauczuku jest podobnież ciałem stałem. Zupełnie inaczej zachowuje się *woda*. Woda nie ma wcale własnej postaci; nie można powiedzieć: »kawałek wody«. Nalana do szklanki, woda przybiera postać jej wnętrza; przelana do karafki, przybiera postać wnętrza karafki (rys. [illegible].). *Woda zmienia postać z wszelką łatwością.*



Rys. 56.

Przypatrzmy się postaci wody w jakiemkolwiek naczyniu. Wszędzie, gdzie styka się ze ścianą naczynia, woda przylega do ściany i przyjmuje jej postać; lecz od góry, na powierzchni swobodnej, gdzie styka się z powietrzem, woda układa się *płasko*

i poziomo, co można sprawdzić zapomocą pionu (§ 11.). Jeśli przechylimy naczynie, woda zmieni postać, ale w taki sposób (rys. 36.), że powierzchnia jej pozostanie płaska i pozioma. Woda jest przykładem *ciała ciekłego* czyli *cieczy*.

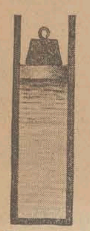


Rys. 36.

Prócz wody jest jeszcze wiele innych cieczy. Np. cieczą jest miód; i miód także wypełnia całkowicie dolną część szklanki a na powierzchni układa się płasko i poziomo. Zatem, dopóki jest w spoczynku, miód zachowuje się podobnie jak woda; gdy jest w ruchu, zachowuje się pod pewnym względem inaczej. Przechylając szklankę z miodem, widzimy, że zmienia on postać *powolniej* niż woda, bardziej opieszale, jak gdyby przezwyciężał jaką przeszkodę. Można dojrzeć przytem, przez bardzo krótką chwilę, powierzchnię cieczy w położeniu pochyłem, czego w wodzie dostrzedz niepodobna. Taksamo jak miód zachowuje się olej, syrop, gliceryna. Przybierają one *ostatecznie* kształt naczynia i rozlewają się poziomo i płasko; dlatego nazywamy je *cieczami*. Ale czynią to opieszale, zużywają na to stosunkowo wiele czasu; dlatego nazywamy je cieczami *lepkiemi*. Inaczej mówimy, że są to ciecze mało *ruchliwe*, gdy przeciwnie woda, alkohol, eter — są to ciecze bardzo ruchliwe.

§ 35. Ściśliwość cieczy.

Woda zmienia postać z wszelką łatwością (§ 34.); ale co innego postać, a co innego objętość (§ 33.). Woda zmienia postać z łatwością, lecz objętość zmienia przeciwnie z największą trudnością. Gdy wkładamy palec do wody, ustępuje ona łatwo, lecz podnosi się zaraz dokoła, tak iż zachowuje dawną objętość. Spróbujmy przeszkodzić wodzie w jej dążności do zachowywania objętości bez zmiany. Weźmy (rys. 37.) walec z tłokiem szczelnie przystającym i próbujmy tłok wcisnąć do wody. Nie zdołamy popchnąć tłoka ani o milimetr ku dołowi, jeśli woda nie przeciśnie się pomiędzy tłokiem a ścianą naczynia. Tu bowiem usiłujemy zmienić już nie postać, lecz objętość wody, mianowicie usiłujemy objętość tę zmniejszyć czyli wodę *ścisnąć;* to zaś wymagałoby siły, której człowiek wywrzeć nie może. Woda jest więc

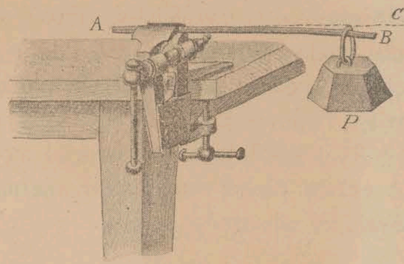


Rys. 37.

bardzo trudno ściśliwa czyli bardzo *mało ściśliwa* (сжимаема). Uczeni przekonali się dokładnie, o ile woda jest ściśliwa. Przypuśćmy, że walec (rys. 58) ma 10 cm^2 w przecięciu ~~w przekroju~~ i zawiera wody 10 *cm* wysoko; należałoby wówczas położyć na tłok 2000 *kg*, ażeby posunąć go o 1 *mm* ku dołowi. Oczywista, że (z powodu tarcia pomiędzy tłokiem a ściankami walca i z innych powodów) doświadczenie to w tak prosty sposób nie może być wykonane; przytaczamy je tylko dla unaocznienia małej ściśliwości wody.

§ 49. Sprężystość ciał stałych. (Упругость или ~~эластичность~~ твёрдых тел)

Pręcik drewniany posiada własną postać (§ 48.), ale pod działaniem *siły* (§ 50) może ją zmienić. Jednym końcem np. umocowany w śrubsztaku czyli imadle (rys. 59.) a obciążony na drugim, pręcik wygina się pod działaniem siły ciężkości. Ponieważ jednak w pewnem położeniu *AB* pręcik jest w równowadze t. j. nie wygina się dalej, musiała więc zjawić się w nim siła, która równoważy ciężkość ciała *P*, *siła sprężystości* (сила упругости) pręta, znana nam z §§ 13., 27. W pręcie niewygiętym *AC* nie było tej siły; dopiero w pręcie zginanym ~~w pręcie zginanym~~ pojawia się ona i staje się coraz większa, im bardziej go zginamy. Jeśli uwolnimy pręt od działania siły obcej, siła sprężystości przywraca go do zwykłej postaci (jeśli wygięcie nie było zbyt znaczne), ale też w miarę powracania do tej postaci sama coraz bardziej słabnie i niknie.

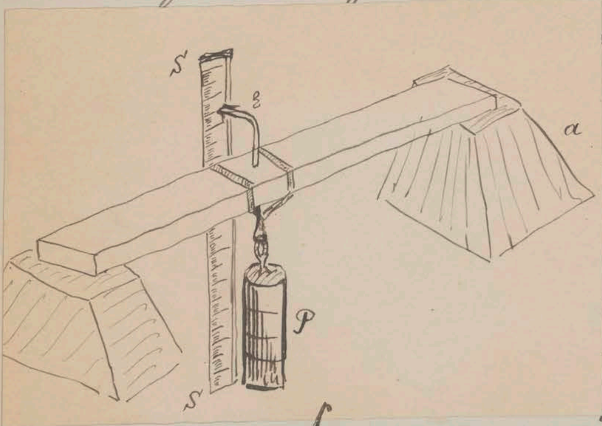


Rys. 59.

Doświadczamy podobnież sprężystości pręta stalowego albo pałeczki szklanej; wyginane na końcu albo zginane w pośrodku, okazują one także sprężystość. Taśma kauczukowa wyciągana, piłka, ściskana w dłoni, sprężyna skręcana również okazują sprężystość. Cóż w ogóle czynimy, gdy ciała wyginamy, zginamy, wyciągamy, ściskamy, skręcamy? Zmieniamy w ogóle postać tych ciał. Zatem powiadamy: (*sprężystość ciał stałych występuje na jaw* już wówczas, *gdy zmieniamy postać tych ciał*, chociażbyśmy nie zmieniali przytem ich objętości. (zwykłym drutem) *Ciała stałe mają sprężystość postaci* (~~эластичность формы~~)

§ 51. Niektóre dalsze prawa sprężystości. (~~Некоторые законы упругости~~)

Weźmy cztery (sztabki, czyli pręciki) (prostopadłościenne) (zob. § 2) ~~pręciki~~, kształtu dokładnie jednakowego; niechaj pierwszy będzie np. stalowy, drugi — mosiężny, trzeci szklany, czwarty — drewniany. W pośrodku każdego pręcika przytwierdzamy wskazówkę E (rys. 60), do której zbliżamy skalę S (§ 55). Kładziemy pręciki końcami na podstawkach aa i obciążamy w pośrodku ciężarami P. Zobaczymy, że pręciki sprzeciwiają się wyginaniu bardzo rozmaicie. Przypuśćmy, że pręcik drewniany wygiął się np. o 10 przedziałek na skali pod działaniem ciężaru 1 kg;

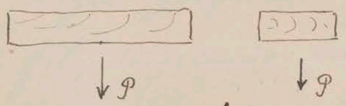


Rys. 60.

ażeby (o tyle) wygięć pozostałe pręciki ~~o tylu~~, musimy zawiesić przeszło 5 kg ~~pod~~ na szklanym, przeszło 8 kg ~~pod~~ na mosiężnym i prawie 18 kg ~~pod~~ na stalowym. A zatem siła sprężystości, jaka objawia się w pręcikach przy jednakowem wygięciu, jest bardzo rozmaita. Mówi się też: stal jest bardzo sprężysta, drzewo zaś znacznie mniej sprężyste.

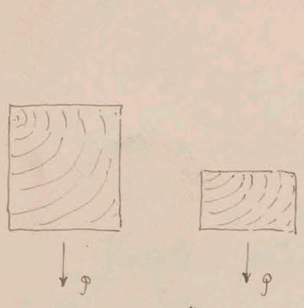
Wiemy, że łatwiej jest wygięć w pośrodku pręcik długi, niż krótki. Ażeby to zbadać ściślej, weźmy dwa pręciki, wyrobione z tego samego materyału, np. ze stali, o poprzecznem przecięciu jednakowem, ale rozmaitej długości; np. niechaj jeden będzie dwa razy krótszy od drugiego. Przekonamy się, że trzeba zawiesić 8 razy (t. j. 2×2×2 razy) większy ciężar ~~pod~~ na krótszym pręci~~ku~~ku, żeby wskazówki na obu obniżyły się jednakowo.

Weźmy dalej dwie drewniane beleczki o jednakowej długości i o poprzecznych przecięciach, jakie wyobraża rys. 61. — Kładziemy je „płasko" na podstawki aa (rys. 60.); ciężary P działają więc na nie w kierunku ich wysokości; działanie to okazują strzałki PP. Zobaczymy, że dwa razy szersza beleczka wymaga działania dwa razy większego ciężaru, ażeby doznała wygięcia takiego samego, jak (węższa beleczka).



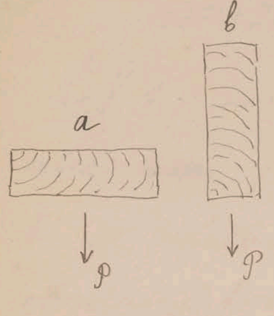
Rys. 61.

Weźmy nakoniec dwie drewniane beleczki o jednakowej długości, jednakowej szerokości, ale niejednakowej wysokości, jak pokazuje rys. 62. Kładziemy je na podstawki aa (Rys. 60) tak, że ciężary P działają na nie w kierunku ich wysokości, teraz ~~już~~ niejednakowych. Zobaczymy, że beleczka dwa razy wyższa dopiero wtedy wygina się taksamo, jak niższa, kiedy jest obciążona 8 razy (t. j. 2×2×2 razy) większym ciężarem.



Rys. 62.

Uważajmy więc teraz pewną beleczkę drewnianą, której poprzeczne przecięcie wyobraża rys. 63. Przypuśćmy, że gdy leży „płasko"



Rys. 63.

(rys. 63, a), beleczka ma 30 cm szerokości, 10 cm wysokości. Jeśli postawimy (jak się mówi) ją „sztorcem”, jak na rys 63, b, beleczka przybierze szerokość 10 cm, wysokość zaś 30 cm. Zatem szerokość jest teraz 3 razy mniejsza, wysokość zaś jest 3 razy większa, niż uprzednio. Jakiego więc trzeba ciężaru, aby beleczkę w położeniu b wygiąć tak samo, jak w położeniu a? Z powodu 3 razy mniejszej szerokości trzeba trzy razy mniejszego ciężaru, ale z powodu 3 razy większej wysokości trzeba 3 × 3 × 3 = 27 razy większego ciężaru; ostatecznie więc trzeba 27 : 3 czyli 9 razy większego ciężaru. Beleczka ugina się więc w położeniu b znacznie mniej, niż w położeniu a, pod działaniem jednakowego ciężaru. ~~Z tego~~ Widzimy zatem, jak dalece znajomość praw sprężystości jest niezbędna w inżynierji, w budownictwie, w rozmaitych gałęziach przemysłu i rękodzieł. Gdy układamy podłogę, sufit, wiązanie dachowe, gdy przyrządzamy ławkę lub półeczkę do szafy, gdy budujemy most lub rzucamy kładkę przez strumień, gdy na haku, wbitym w ścianę, zawieszamy ciężkie przedmioty, powinniśmy zawsze starać się o to, ażeby belki, pręty, deski, które obciążamy, doznawały możliwie najmniejszego wygięcia. Istnieje ku temu ważna przyczyna, mianowicie następująca.

§ 52. Granica sprężystości (~~Граница упругости~~) (~~Граница эластичности~~)

Jeśli obciążymy pręcik stalowy w sposób, opisany w artykule poprzednim, a następnie ciężar zdejmiemy, pręcik odegnie się t. j. powróci do swej pierwotnej postaci i nie będzie widocznego śladu, że ~~został~~ był wygięty. Pręcik ołowiany zachowuje się inaczej. Jeśli go mocno wygniemy, nie okazuje dążności do przybrania pierwotnej postaci, zachowuje swą nową wygiętą postać trwa-

(постійно)

le t. j. nawet i po uwolnieniu od obcego działania. Ale podobna różnica pomiędzy zachowaniem się stali a ołowiu nie jest istotna i leży tylko w wielkości działającego ciężaru. Gdybyśmy wygięli pręcik ołowiany bardzo słabo, za pomocą bardzo nieznacznego ciężaru, przekonalibyśmy się, że powraca on po uwolnieniu do pierwotnej postaci, objawia zatem sprężystość, tak samo jak stalowy. Z drugiej strony, gdybyśmy wygięli pręcik stalowy działaniem nadzwyczajnie znacznego, olbrzymiego ciężaru, wówczas i stalowy wygiąłby się trwale, utraciłby sprężystość, podobnie jak wprzódy ołowiany. Mówimy więc, że każde ciało jest sprężyste tylko do pewnej granicy; ta granica jest daleka dla stali, a niedaleka dla ołowiu. Każde ciało, często albo długotrwale gięte, wyginane, wyciągane, skręcane powoli traci sprężystość, czego przykłady spotykamy często w życiu codziennem.

Kauczuk jest ciałem, które nader trudno pozbawić sprężystości w ten sposób. Wiemy istotnie, że przedmioty wyrobione z kauczuku, poddają się łatwo zginaniu, wyginaniu, wyciąganiu, skręcaniu; lecz, uwolnione od tych i tym podobnych działań, powracają doskonale do pierwotnej postaci, choćby zmiany postaci, którym były poddane, były bardzo znaczne. Wiele osób tę własność kauczuku ma na myśli, mówiąc (jak to często słyszymy w mowie potocznej), że kauczuk „jest bardzo sprężysty." Osoby te jednak używają wówczas wyrazu „sprężystość" w zupełnie innem znaczeniu niż to, w którem użyliśmy go w dwóch artykułach poprzednich i które jest jego właściwem, naukowem znaczeniem.

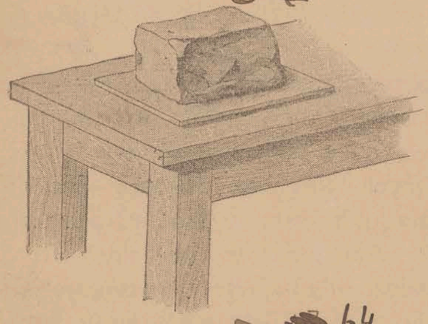
§ 53. Sprężystość ciał ciekłych. (~~Упругость~~ жидкостей)

Przypuśćmy teraz, że położylibyśmy 2000 kg. na tłok przyrządu z rys. 58, § 49; wskutek tego tłok obniżył się o 1 mm,

woda ścisnęła się więc o jedną setną część swej pierwotnej objętości ~~objętości~~. Dalej tłok nie poruszy się ani o najmniejszą część milimetra; woda stawia teraz opór, który równoważy ciężar 2000 *kg*. Powiadamy zatem, że w wodzie ściskanej pojawia się siła, która sprzeciwia się dalszemu ściskaniu; pod działaniem tej siły z jednej strony, a ciężaru z drugiej, tłok znajduje się w równowadze. Gdybyśmy nagle zdjęli ciężar, tłok poszedłby do góry, odepchnięty przez wodę, która wróciłaby do dawnej objętości. A zatem mieliśmy tutaj w wodzie siłę, zupełnie podobną do sprężystości w drzewie, w szkle, kauczuku lub stali. Lecz, gdy ~~w wodzie objawia się ona przy zmianie objętości,~~ w ciałach stałych objawia się ona przy zmianach *postaci*, w wodzie objawia się przy zmianach objętości. Możemy więc powiedzieć: *woda ma sprężystość objętości* (~~...~~). Podobnie jak woda, zachowują się i inne ciecze. Sprężystość objętości jest ogólną cechą ciał ciekłych. Jak już wiemy, ciała ciekłe nie stawiają trwałego oporu zmianie postaci; prędzej czy później każda ciecz (§ ~~31~~ 48) poddaje się działaniu siły, dążącej do zmiany jej postaci. A zatem *ciecze mają sprężystość objętości, lecz nie mają trwałej sprężystości postaci.*

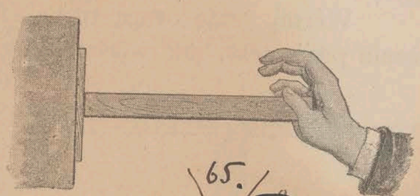
§ ~~38~~ 54. Ciśnienie (ТИСНЕНЕ).

Deseczka, leżąca na stole i dźwigająca ciężar na sobie (np. kamień, jak na rys. ~~39~~ 64) jest *przyciśnięta* do stołu, wywiera *ciśnienie* na powierzchnię stołu. Ciśnieniem nazywamy więc siłę, działającą na powierzchnię ciała. W przykładzie powyższym ciśnienie sprawia siła ciężkości; takie ciśnienie działa z góry na dół pionowo, ponieważ siła ciężkości działa w tym kierunku. Lecz i inne siły mogą sprawiać ciśnienie, np. siła naszych mięśni, siła sprężystości; a te siły mogą sprawiać ciśnienie i w innych kierunkach. Przyciskając np. deseczkę do ściany ręką, czy bezpośrednio, czy za pośrednictwem np. pręta (rys. ~~40, str. 35~~ 65), wywieramy na ścianę ciśnienie w kierunku poziomym.



Rys. ~~39~~ 64.

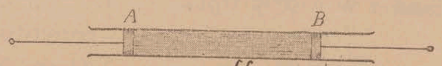
Połóżmy tensam kamień (rys. 39.) raz na deseczkę, mającą 100 cm^2 pola, drugi raz na deseczkę, mającą 200 cm^2. Tasama siła rozpościera się w pierwszym razie na 100, w drugim razie na 200 cm^2. Zatem na 1 cm^2 wypadnie w pierwszym razie dwa razy więcej siły, niż w drugim. Widzimy zatem, że trzeba odróżniać siłę całkowitą, czyli *ciśnienie całkowite* na pewną powierzchnię, od *ciśnienia na jednostkę pola,* czyli od ciśnienia *jednostkowego*. Ciśnienie całkowite jest dla obu deseczek jednakowe, mianowicie równe ciężarowi kamienia. Ciśnienie jednostkowe jest dwa razy większe na mniejszej deseczce niż na większej. Tensam ciężar na deseczkach, mających 50 cm^2 25 cm^2 pola, dałby ciśnienie jednostkowe cztery ośm razy większe. Stąd łatwo zrozumieć, dlaczego nóż kraje: ostrze noża jest to powierzchnia o bardzo małem polu, więc siła naszych mięśni wytwarza na niem bardzo znaczne ciśnienie. Tosamo tłómaczy działanie nożyc, dłuta, piły a także stosunkową łatwość, z jaką gwóźdź lub igła wchodzą w ciała zbite.



Rys. 40.

§ 39. Ciśnienie cieczy (Tłoczenie wody).

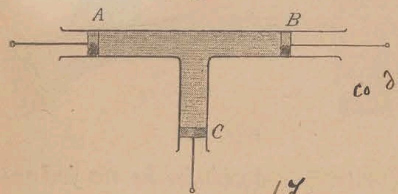
Jak za pośrednictwem pręta można wywrzeć ciśnienie, [illegible], podobnież można je wywrzeć za pośrednictwem wody. Weźmy rurkę (rys. 41.) *AB*, pełną wody i zamkniętą tłokami które przystają szczelnie do rurki, lecz łatwo [illegible] mogą się poruszać. Opieramy tłok *A* o deseczkę z rys. 40 i wywieramy siłę na drugi tłok *B*; wówczas za pośrednictwem wody, przyciśniemy deseczkę do ściany. *Zatem woda może przenosić ciśnienie*. Ciśnienie to nie ma tu nic wspólnego z ciężarem wody; ciśnienie działa poziomo, jeśli rurka leży poziomo, gdy tymczasem siła ciężkości działa na dół pionowo. Jakimże sposobem woda przenosi ciśnienie? Zważmy, iż unieruchomiliśmy tłok *A*, oparłszy go przez deseczkę o ścianę; zatem, usiłując wepchnąć tłok *B*, usiłujemy temsamem ścisnąć wodę, zmniejszyć jej objętość, jak w § 35. Nic dziwnego, że woda opiera się temu; woda ma sprężystość objętości (§ 37.). Sprężystość wody



Rys. 41.

opiera się naszemu działaniu na *B* a zarazem za pośrednictwem *A* sprawia ciśnienie na deseczkę i ścianę.

Weźmy teraz drugą rurkę, jaką rys. 67 przedstawia w położeniu *poziomem* tak właśnie, jak gdyby rurka leżała na papierze.

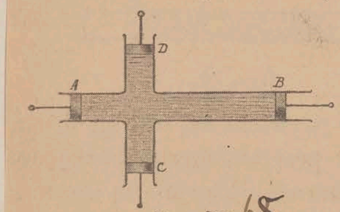


Rys. 67.

Opatrzona jest ona w boczne kolanko a w niem w tłok trzeci *C*, rozległością równy dwóm pierwszym. Umocujmy tłok *A*, tłokowi *C* pozwólmy poruszać się swobodnie i wciskajmy *B;* co się stanie? Woda będzie ustępowała przed *B* i będzie pchała przed sobą tłok *C;* albowiem w ten sposób będzie ona zmieniała *postać* tylko a nie *objętość* a temu woda nie sprzeciwia się (§ .). Przeciwnie, gdybyśmy umocowali i *C*, woda cisnęłaby nań taksamo, jak ciśnie na *A*. Zatem *i w bok woda przenosi ciśnienie.* Oczywista, że i na ściany rurki woda ciśnie taksamo jak na tłoki, mianowicie, że rozpycha rurkę o tyle, o ile na to pozwala sprężystość szkła czy innego materyału, z którego rurka jest zrobiona. Powiadamy więc, że woda nie tylko *przenosi* ale i *roznosi ciśnienie* na wszystkie strony. Toż samo czynią wszystkie ciecze.

§ . Ciecz może wykonywać pracę.

Weźmy jeszcze jedną rurkę, opatrzoną w dwa poziome kolana i w cztery tłoki *A, B, C, D* jednakowo rozległe; rys. 68 przedstawia ją widzianą z góry.



Rys. 68.

Co powiedzieliśmy o tłoku *C*, stosuje się także do czwartego tłoka *D*. A zatem, gdy wywieramy ciśnienie na *B* (rys. 68), takież ciśnienie wywierane jest na *A*, na *C* i na *D*. Z jednego ciśnienia trzy ciśnienia. Tego możemy dokonać zapomocą wody i tłoków, podobnie jak zapomocą dźwigni możemy podnosić do góry trzy kilogramy siłą ciężaru jednego kilograma (§ .). Ale czego *nie możemy* dokonać zapomocą dźwigni, to *stworzyć* choćby najmniejszą ilość pracy (§ .); i tego zapomocą wody i tłoków także dokonać *nie możemy.* Istotnie: wiemy, od czego zależy praca, jaką wykonywamy, pchając tłok, lub jaką tłok wyko-

nywa, pchając coś przed sobą. Zależy ona zarazem od siły, która pcha (t. j. od całkowitego ciśnienia na tłok) i od długości drogi, którą tłok przebywa. Weźmy teraz trzy rurki: rurkę z dwoma tłokami *AB* (rys. 66.), z trzema *ABC* (rys. 67.) oraz z czterema *ABCD* (rys. 68); przypuśćmy, że w każdej wepchnęliśmy tłok *B* o 1 *cm*, dawszy swobodę ruchu wszystkim pozostałym. W rurce *AB* (rys. 66) tłok *A* wysunie się nazewnątrz o centymetr; w rurce *ABC* (rys. 67.) każdy z dwóch tłoków *A*, *C* wysunie się o pół centymetra, w rurce zaś *ABCD* (rys. 68.) każdy z trzech tłoków *A*, *C*, *D* wysunie się tylko o trzecią część centymetra. Zatem, im więcej tłoków, tem więcej ciśnień, ale tem krótsze drogi, które tłoki przebywają; pomnażając liczbę tłoków, ***nie zyskujemy*** więc bynajmniej *na pracy*, rozdrabniamy ją tylko.

Γ Jak wszelka wogóle praca,
Ш 66. Ш 67.
Γ sam tylko ⌊ będzie cisnął, lecz
√ będzie cisnął i każdy
⌊ będzie wywierał ciśnienie, lecz każdy

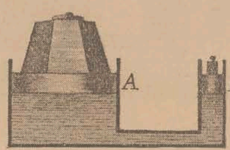
§ 57. Prasa hydrauliczna. (~~Пресса гидравлическая~~)

W rurce *ABC* (rys. 67.) tłoki *A* i *C* doznają każdy takiego ciśnienia, jakie wywieramy na *B*. Tak jest bez względu na to, czy *A* i *C* znajdują się daleko od siebie czy też blizko siebie. Zatem *tak będzie i wtedy*, kiedy je *połączymy* ze sobą i utworzymy z nich jeden tłok, dwa razy większy. Powiadamy więc: na tłok, dwa razy większy niż *B*, działa ciśnienie ***całkowite***, dwa razy większe niż na *B*. Podobnie na tłok o polu trzy razy większem działa ciśnienie ***całkowite***, trzy razy większe. Innemi słowy: ***ciśnienie na jednostkę pola jest wszędzie w cieczy jednakowe.***

...... zwykłym drukiem

Na tej zasadzie budowane bywają *prasy hydrauliczne*, których zadaniem jest zamiana niezbyt znacznych całkowitych ciśnień, jakie człowiek może wywrzeć, na ciśnienia całkowite bardzo znaczne. ~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie dwa walce, połączone ze sobą i w nich dwa tłoki, jak na rys. 69. Przypuśćmy, że tłok *A* ma pole 25 razy większe niż tłok *B*; w takim razie, położywszy na tłoku *A* 25 *kg*, dość będzie położyć na *B* 1 *kg*, ażeby osiągnąć równowagę. Tu zatem ciężarem, małoco większym nad 1 *kg*, możemy podnieść do góry 25 *kg*, podobnie jak na dźwigni (§ 22.); ale i tu nie zyskamy na *pracy*, gdyż trzeba będzie wcisnąć tłok *B* na dół o 25 *cm*, ażeby podnieść *A* do góry o 1 *cm*.

√ (Прессы гидравлические)
Ш 69.



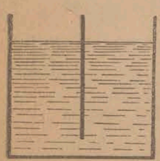
Rys. 69.

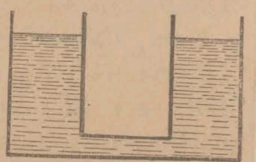
Π 29

Widzimy zatem, że prasa hydrauliczna ma tensam cel jak inne maszyny, opisane ~~poprzednio~~ w rozdziale pierwszym, mianowicie zamianę pewnych danych postaci pracy na inne, dogodniejsze postaci; że nie ma na celu zaoszczędzenia pracy i tego na celu mieć nie może, albowiem to jest wogóle niemożliwe (zob. §§ 29 i 37).

§ 44. Naczynia połączone (~~Посуды сообщенные~~).

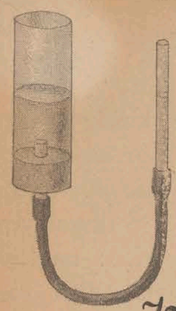
Do naczynia z wodą wprowadźmy ściankę, nie dotykając nią dna (rys. 70.); powierzchnia wody nie zmienia się przez to. Lecz przez wprowadzenie ścianki rozdzieliliśmy poprzednie naczynie na dwa mniejsze naczynia, połączone ze sobą od spodu; istotnie: naczynie z rys. 70 nie różni się tu właściwie od naczyń, połączonych zapomocą rurki, jakie widzimy na rys. 71. Powiadamy zatem: w naczyniach połączonych


Rys. 70.


Rys. 71.

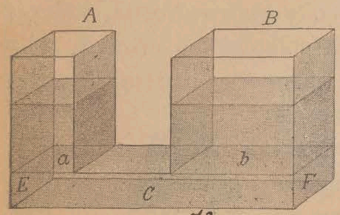
|| 58
Ш 70.
7 70.
Ш 71
√ (Сосуды сообщенные)

poziomy cieczy stoją jednakowo wysoko. Tak będzie oczywiście, czy naczynia są jednakowego czy różnego przecięcia; ciecz stoi w nich zawsze na jednakowym poziomie, jak też stać będzie w naczyniu, rys. 70, choćbyśmy posunęli ściankę ku brzegowi. Tak np. w dwóch rurkach szklanych (rys. 72), z których jedna jest szersza od drugiej (łączymy je zapomocą korka i rurki kauczukowej, jak pokazuje rysunek), woda stoi jednakowo wysoko. Zniżając węższą rurkę, zobaczymy, że woda tryska z niej do góry; na tej zasadzie działają wodotryski, a także urządzenia wodociągowe w miastach.



Rys. 72.

Zastanówmy się teraz, dlaczego w naczyniach połączonych ciecz musi stać jednakowo wysoko. Wyobraźmy sobie dwa naczynia, połączone kanałem [illegible] poziomym, jak na rys. 73; przypuśćmy, że pierwsze A ma 10, a drugie B ma 20 cm^2 w przecięciu; więc np. płaszczyzna a ma 10, płaszczyzna b ma 20 cm^2 pola. Jakie ciśnienia wywiera woda na te płaszczyzny? Płaszczyznę a uciska ciężar wody, stojącej nad nią w naczyniu A, podobnież płaszczyznę b uciska ciężar wody, stojącej nad nią w naczyniu B. Widzimy, że wody w naczyniu B jest dwa razy tyle, ile w A, a zatem na płaszczyznę b działa całkowite ciśnienie dwa razy większe, niż na płaszczyznę a. I tak właśnie być powinno według § 57.; powiedzieliśmy tam: na tłok (dwa razy większy (lub na płaszczyznę dwa razy większą, jak tutaj, co nie stanowi istotnej różnicy) powinno działać ciśnienie całkowite dwa razy większe, jeśli wszystko, ciecz i tłoki, ma być w równowadze.

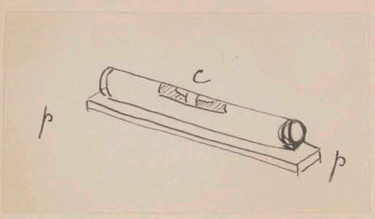


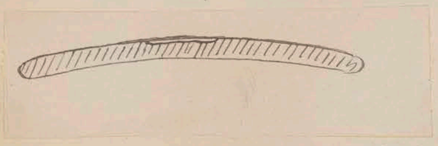
Rys. 73.

Dlaczego zaś wody w naczyniu B (nad płaszczyzną b) jest dwa razy tyle, ile w naczyniu A (nad a)? Dlatego, że w B i w A woda stoi jednakowo wysoko; ponieważ b ma pole dwa razy większe niż a, więc w razie *nierówności* poziomów stosunek ilości wody i stosunek ciężarów byłby inny. Np. gdyby w a woda stała wyżej, całkowite ciśnienie na a byłoby więcej niż połową całkowitego ciśnienia na b, zatem w kanale ECF ciśnienie na jednostkę pola nie byłoby wszędzie jednakowe, lecz większe w lewym końcu. Wówczas woda nie mogłaby być w równowadze, lecz musiałaby popłynąć na prawo, aż wysokości poziomów w naczyniach wyrównałyby się. Zupełnie tosamo rozumowanie możemy zastosować oczywiście do przyrządów poprzednich, wyobrażonych na rysunkach 70, 71, 72. Widzimy więc, że w naczyniach połączonych poziomy cieczy ustalają się jednakowo wysoko dlatego, że do równowagi cieczy potrzeba, ażeby ciśnienie na jednostkę pola było wszędzie w cieczy jednakowe.

Do rurek połączonych (rys. 72.) nalejmy rtęci: stanie w nich jednakowo wysoko. Nalejmy 10 *gr* wody nad rtęć w rurce węższej; jeśli rurka szersza ma np. 5 razy większą średnicę, więc 25 razy większe poprzeczne przecięcie, będziemy musieli nalać do niej, nad rtęć, 250 *gr* wody, ażeby przywrócić równość rtęciowych poziomów. W ten sposób zbudowaliśmy przyrząd podobny, jak na rys. 69.: rtęć gra tu rolę cieczy a woda nad rtęcią działa tutaj tak, jak tam ciężary, położone na tłokach.

Na zasadzie podobnej ~~powyższej~~ polega budowa libeli (лібелля, вага воздушна) (ryc. ~~..~~ 74.), przyrządu, służącego do sprawdzania, czy pewna ~~czy dana~~ powierzchnia jest pozioma. W oprawie mosiężnej zamknięta jest rurka szklana, słabo wygięta (ryc. 74) u dołu i prawie zupełnie wypełniona alkoholem, tak iż bańka, która pozostaje w rurze, wypływa ku górze. Gdy podstawka libeli pp ~~pp~~ ma położenie poziome, bańka ustanawia się dokładnie w pośrodku c rurki. ~~..~~





Ryc. 74.

§ ~~11~~. Im głębiej w cieczy, tem większe ciśnienie. X

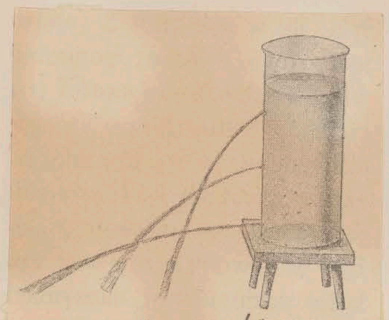
11 59 (V ~~Чим~~ глубше в течи, ~~тим~~ більше ~~тиснення~~)

Gdybyśmy ustawili stos cegieł, leżących jedna na drugiej, wówczas każda cegła dźwigałaby na sobie wszystkie nad nią leżące, zatem byłaby przyciśnięta ciężarem tem większym, im położona jest niżej, im dalej od wierzchu. W naczyniu z wodą dzieje się podobnie. Każda warstwa wody dźwiga na sobie warstwy, nad nią leżące, więc jest przyciśnięta ciężarem tem większym, im niżej jest położona w cieczy, im dalej od powierzchni. Ciśnienie tego ciężaru, jak wszelkiego ciężaru, jest z góry na dół pionowe; ale warstwa, która doznaje tego ciśnienia, nie tylko *przenosi* je na dół, lecz i *roznosi na wszystkie strony*, rozprowadza i wywiera je we wszystkich kierunkach; albowiem ciecze czynią tak zawsze (§ 11.). Powiadamy zatem: *ciśnienie w cieczy wynika z jej ciężkości; dlatego też, im głębiej w cieczy, tem jest większe. Ciśnienie to, chociaż wynika z ciężkości cieczy, działa nie tylko na dół pionowo, lecz zarówno we wszystkich kierunkach.* Możemy to sprawdzić w następujący sposób. Mały ~~szklankę~~

11 55

lejek szklany obwiązujemy mocno cienką błoną kauczukową, do której przylepiamy lekką wskazówkę; na rurkę czyli na wypływ lejka nakładamy grubościenną rurkę kauczukową. Przyrząd tak przygotowany zanurzamy do dna głębokiego naczynia z wodą, zważając na to,

ażeby otwór rurki kauczukowej wystawał po nad powierzchnię cieczy. Zobaczymy, że błona wydyma się nazewnątrz lejka; im głębiej zanurzamy lejek, tem bardziej wydyma się; żadnej przytem różnicy nie stanowi, czy trzymamy lejek błoną na dół, czy w bok, czy do góry, byle tylko w tymsamym poziomie pod powierzchnią. Inne doświadczenie, o podobnym celu, wyobraża rys. 75. Uczy ono, po pierwsze, że woda ciśnie nie tylko na dół, ale i w bok; powtóre, że ciśnie tem znaczniej, im dalej od powierzchni. Istotnie, strumień z dolnego otworu dobiega dalej, niż strumień z górnego; stąd wnosimy, według § 43-go, że wypchnęła go siła znaczniejsza.



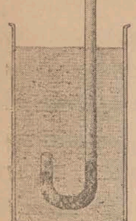
Rys. ~~50~~ 75.

Tu ⊙

~~Wystawmy~~ [Wyobraźmy] sobie naczynie z wodą, widziane z boku; rys. [76] przedstawia je jakby przecięte płaszczyzną pionową. Pomyślmy ~~sobie~~ w niem centymetr kwadratowy *a*, leżący poziomo, np. o 3 *cm* pod powierzchnią. Aż do tej powierzchni stanęłyby więc na nim trzy sześciany, z których każdy miałby objętość 1 cm^3, ważyłby przeto 1 gram. A zatem na kwadracik *a* działa od góry ciśnienie ciężaru 3 gramów. Ale takież ciśnienie działa na sąsiednie kwadraciki, leżące obok *a* na tymsamym poziomie, bo i one także znajdują się o 3 *cm* od powierzchni; to ciśnienie [na kwadraciki sąsiednie] przenosi się pod *a*, działa na *a* pionowo do góry (§ ~~51~~ [55]., § ~~57~~ [58].) i równoważy się tam z pierwszem ciśnieniem, które działało pionowo ku dołowi. Weźmy takisam kwadracik *b*, równy także 1 cm^2, lecz głębiej np. o 6 *cm* od powierzchni położony. Działa nań ciśnienie 6 gramów od góry ku dołowi i równocześnie takież ciśnienie od dołu ku górze. Weźmy trzeci takiżsam kwadracik *c*, stojący pionowo o 9 *cm* pod powierzchnią; działa nań ciśnienie 9 gramów w stronę prawą i takież ciśnienie w lewą.



Rys. 76.



Rys. ~~52~~ 77.

Weźmy rurkę szklaną, zgiętą w dwa nierówne ramiona (rys. ~~52~~ [77].); nalejmy do niej rtęci i wprowadźmy pod wodę, nie zanurzając otworu dłuższego ramienia. Zobaczymy, że rtęć pod-

Wyobraźmy 76.

na kwadraciki sąsiednie
55 58

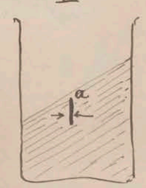
77

nosi się w prawem, dłuższem ramieniu; a mianowicie: gdy poziom lewy jest zanurzony o 13·5 *cm* pod powierzchnię wody, różnica poziomów rtęci jest równa 1 *cm*. Jeśli zanurzymy poziom lewy o 27 *cm* pod powierzchnię, różnica poziomów podwoi się i wyniesie 2 *cm*. Jeśli zanurzymy rurkę trzy razy głębiej, różnica poziomów wyniesie 3 *cm*. Dlaczego tak się dzieje, rozumiemy z poprzedzającego. Dlaczego zaś poziomy rtęci oddalają się od siebie właśnie o 1 *cm*, ile razy poziom w krótszem ramieniu oddalimy o 13·5 *cm* od powierzchni wody? Dzieje się to dlatego, że różnica w słupach rtęci ma równoważyć słup wody, zaczynający się od poziomu rtęci w krótszem ramieniu i sięgający powierzchni; rtęć zaś ~~jest~~, jak wiadomo (§ ~~29~~.) ∧ 13·5 razy gęstsza od wody, czyli 13·5 razy cięższa od niej w jednakowej objętości.

U 38. ∧ jest

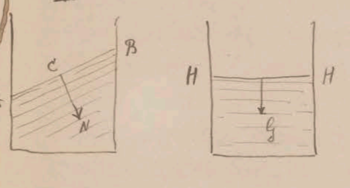
§ 60. O powierzchni cieczy. (~~Про поверхню [illegible]~~)

Jak wiemy, woda w szklance ma powierzchnię poziomą, kiedy jest w spoczynku. Istotnie, wyobraźmy sobie wodę w położeniu takiem, jakie wyobraża rys. 78, I. Łatwo zrozumieć, że woda nie może trwać w takiem położeniu.



Rys. 78, I

Wystawmy sobie np. stojący pionowo w wodzie kwadracik a; na rys. 78, I widzimy go z boku. Woda po prawej stronie kwadracika a znajduje się dalej od powierzchni niż woda po lewej, zatem z prawej strony a woda ciśnie silniej niż z lewej (por. § 58.), więc nie może zostać w tem położeniu, zupełnie podobnie, jak wahadło na rys. 12, § 18, nie może zostać w położeniu OL. Woda popłynie ze strony prawej na lewą, jak wahadło poruszy się od L do K. Gdyby ciężkość kulki wahadła w położeniu OL działała w kierunku LP, mielibyśmy równowagę w tem położeniu. Podobnie, gdyby ciężkość działała w kierunku CN (rys. 78, II) mielibyśmy równowagę wody w położeniu AB. Ale tak nie jest; ciężkość działa zawsze na dół pionowo ∨. Widzimy więc, że woda może być w równowadze jedynie w położeniu HH (rys. 78, III), w którem jej swobodna powierzchnia ułoży się prostopadle ∨ do kierunku G działania siły ciężkości.



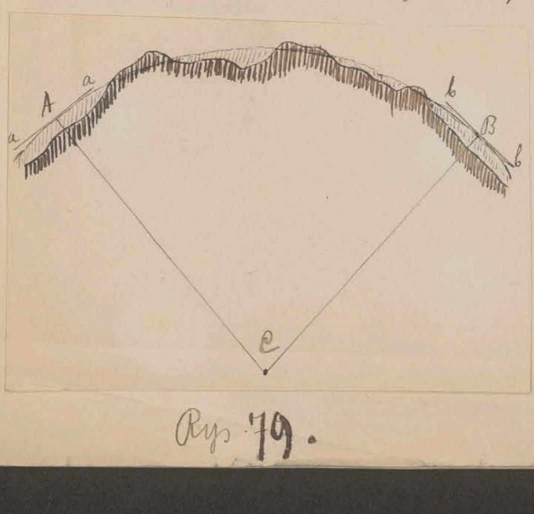
Rys. 78, II i III

Te dwa rys. będą stanowiły jeden, 78 my

Rys. 78, z trzech części, na jednej kliszy zapewne całą szerokość kolumny

∨ (~~[illegible]~~) (прямовисно) ∨ (~~нормально~~)

W szklance powierzchnia wody jest płaska i pozioma; lecz powierzchnia mórz i oceanów na ziemi jaki ma kształt? Wiemy, że ziemia ma kształt kuli; i że wody mórz i oceanów pokrywają znaczną część jej powierzchni (jak to wyobraża rys. 79, na którym ∨ (stosunkowa) głębokość mórz i oceanów oraz wyniosłość lądów jest oczywiście znacznie przesadzona. A za–



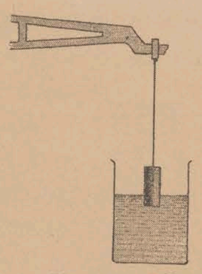
Rys. 79.

tem powierzchnia wód w morzach i oceanach jest wypukła (выпукла) mianowicie kulistą. Łatwo to zrozumieć na mocy poprzedzającego. ~~[illegible]~~ Wiemy, że siła (кулиста) ciężkości w każdem miejscu powierzchni ziemi ma kierunek promienia ziemskiego w tem miejscu; w miejscu A np. (rys. 79) działa wzdłuż AC, w miejscu B wzdłuż BC. Poziomem wody więc w miejscu A musi być, według poprzedzającego, kierunek aa, prostopadły do AC; w miejscu B kierunek bb, prostopadły do BC i t. d. Otóż obwód koła, AB np., nie jest niczem innem, jak zbiorowiskiem podobnych nieskończenie krótkich linij, jak aa, bb i t. d., prostopadłych do promieni CA, CB i t. d. Powierzchnia mórz i oceanów jest więc wypukła i kulista, dlatego, że układa się wszędzie prostopadle do kierunku działania ciężkości

§ 11. Ciecz usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

11 61 (~~Тот~~ намагая ~~вытеснить тело~~ погруженное) Ц 80.

Zawieśmy na wadze walec (rys. Ц.) i zrównoważmy go ciężarkami po drugiej stronie. Zanurzając walec do wody, zobaczymy, że ciężarki przeważają, ~~tak zupełnie~~, jak gdyby walec był stracił na ciężarze. Jakim sposobem tak się dzieje? Przypomnijmy sobie (§ 11.), że kiedy walec wkracza do wody, woda podnosi się dokoła w naczyniu. A zatem walec, obniżając się w wodzie, musi podnieść pewną ilość wody do góry; dlatego ciężar walca musi przezwyciężyć ciężar wody podnoszonej. Zupełnie podobnie, gdy na bloku, na dźwigni albo na wadze większy ciężar przeważa inny mniejszy, wówczas go wprawdzie przeważa, ale sam przez to traci tyle, ile ma do zwalczenia. Np. jeśli 3 kilogramy, obniżając się, muszą podnosić jeden kilogram po drugiej stronie dźwigni lub wagi, wówczas działają one tak, jak gdyby były dwoma kilogramami. Taksamo walec, ważący np. 75 gramów, jeśli, obniżając się musi podnieść np. 10 gramów wody do góry, działa na wagę tak, jak gdyby miał tylko 65 gramów ciężaru.



Rys. ~~53~~ 80.

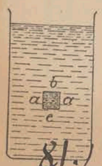
11 49

~~[illegible]~~ Jakąż ilość wody musi podnieść do góry walec, gdy obniża się? Oczywiście tyle centymetrów sześciennych, ile centymetrów sześciennych ze swej własnej objętości zanurza pod wodę, a jeśli zanurza się cały, to tyle centymetrów sześciennych, ile ich liczy ~~posiada~~ we własnej objętości. Lecz ile centymetrów sześciennych wody walec podnosi, tyle gramów pozornie (много) traci na swoim ciężarze. Powiadamy więc: *ciało, zanurzone w cieczy, traci pozornie tyle na ciężarze, ile waży ciecz, której miejsce zajmuje.* Prawda ta nazywana bywa zasadą Archimedesa (Закон Архимеда). Sprawdźmy ją ~~to~~. Zważmy ciało *C* najprzód w sposób zwykły, potem zanurzmy je do naczynia, rys. Ц 55., tak jak opisano w § П 47. i zważmy je powtórnie, zanurzone w wodzie. Przekonamy się, że ciało zanurzone zachowuje się tak, jak gdyby ważyło mniej, a mianowicie o tyle mniej, ile waży woda, wypchnięta przez nie do naczynia *D* (rys. Ц 55.). ~~Mo-~~

66

73

Każda ciecz usiłuje więc wyprzeć do góry wszelkie zanurzone w niej ciało. Zkąd bierze się ta siła? Możemy na to odpowiedzieć na zasadzie § ~~11~~. ~~Wystawmy~~ sobie mały sześcian np. szklany, zanurzony w wodzie (rys. ~~55~~., na którym naczynie i sześcian widzimy z boku). Przypuśćmy, że sześcian ma po 1 centymetrze szerokości, długości i wysokości; że ścianka górna *b* leży pod powierzchnią wody 4 *cm* ~~odległości~~; w takim razie ścianka dolna *c* leży pod nią 5 *cm*. ~~odległości~~. Zatem według § ~~11~~. ciśnienie wody na górną ściankę *b* równa się ciężarowi 4 gramów a ciśnienie wody na dolną ściankę *c* równa się ciężarowi 5 gramów. Pierwsze ciśnienie działa z góry na dół, drugie z dołu do góry. Te ciśnienia nie równoważą się, skoro drugie, działające od dołu, jest większe; na sześcian działa ostatecznie z dołu do góry siła, równa ciężarowi 1 grama. (Na ścianki boczne *a*, *a* działają równe ciśnienia, wprost przeciwne sobie, więc znoszą się dokładnie). To zatem jest przyczyną parcia do góry, którego doznaje nasz sześcian i wskutek którego, zajmując objętość 1 cm^3, traci pozornie 1 gram na ciężarze. Gdyby miał objętość np. 15 cm^3, traciłby pozornie 15 gramów na ciężarze.



Rys. 81.

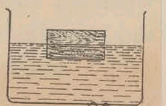
II 59 | Wyobraźmy

II 81.

w odległości

II 59 — w odległości

~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie (rys. II 82.) kawałek drzewa, przypuśćmy o objętości 10 cm^3. Jeśli zanurzymy go do wody, woda wypiera go do góry siłą 10 gramów. Tymczasem kawałek drzewa o objętości 10 cm^3 waży tylko 5 gramów (§ II 38.); siła ciężkości ciągnie go na dół siłą 5 gramów. Zatem kawałek drzewa nie może tonąć w wodzie, ani bujać w niej swobodnie, lecz musi iść do góry. Gdy dojdzie do powierzchni, kawałek drzewa pocznie wynurzać się z wody; im bardziej się wynurzy, tem mniejszego parcia do góry będzie doznawał od cieczy. Oczywista, że przestanie wynurzać się wtedy, kiedy parcie cieczy stanie się równe jego ciężarowi. Powiadamy zatem: *ciało pływające zanurza się tak, że ciężar cieczy, której miejsce zajmuje, jest równy całemu jego ciężarowi.* Możemy to sprawdzić zapomocą przyrządu, przedstawionego na rys. II 55., § II 47. Napełniwszy naczynie *A* wodą aż do ustania wypływu, kładziemy na wodę kawałek drzewa lub korka. Ciało to wypchnie do *D* tyle gramów wody, ile samo waży.



Rys. 82.

II 82. | Wyobraźmy

II 38

50/20 8/62

II 55 II 47

II Łatwo ~~[struck]~~ wytłómaczyć, dlaczego pod wodą poruszamy ręce i nogi tak swobodnie, jak gdyby były pozbawione ciężaru; dlaczego dźwigamy ~~łatwo~~ pod wodą ciężary, których nie możemy wznieść po nad wodę; dlaczego duża pusta beczka może wydobyć z dna rzeki ciężki kamień; dlaczego kawałek mosiądzu lub szkła tonie a kubek mosiężny lub butelka szklana nie tonie; dlaczego trudno jest utrzymać się na nogach w rzece o wartkim prądzie, jeśli woda sięga do szyi; dlaczego lód pływa po wodzie a żelazo po rtęci (zob. § II 38.). Na tej samej zasadzie również łatwo zrozumieć działanie przyrządu, służącego do pomiarów gęstości cieczy (zwłaszcza mleka), który nosi nazwę areometru lub hydrometru. Jest to (rys. 83.) naczynko szklane, ze wszystkich stron zamknięte, obciążone niezbyt znaczną ilością rtęci.

II Na zasadzie powyższych objaśnień

II 38

Tu

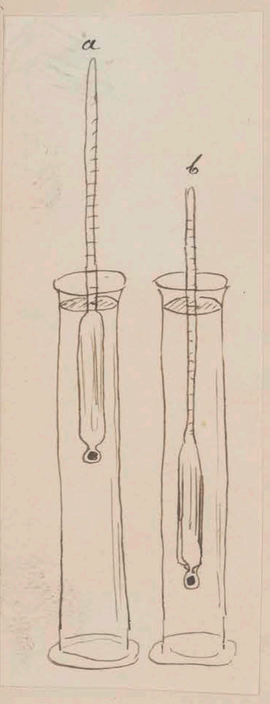
Rys. 83.

Przypuśćmy, że taki areometr waży np. 50 gramów. Jeśli umieścimy go w wodzie (rys. 84, a), tedy, według prawidła, areometr zanurzy się w taki sposób, że zajmie miejsce 50 gramów wody; a więc ze swej całkowitej objętości



83.

Rys. 83.



Rys. 84.

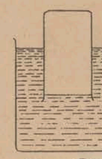
zanurzy pod wodę 50 cm^3. Wprowadźmy teraz tensam areometr np. do alkoholu. Według prawidła, areometr musi znów wypchnąć 50 gramów cieczy. Ale 50 gramów alkoholu zajmuje więcej niż 50 cm^3; według § 38-go, jeden cm^3 alkoholu posiada masę 0,8 gm, zatem 50 gm alkoholu zajmuje $\frac{50}{0.8}$ czyli około 62 cm^3. Widzimy, że areometr zanurzy się głębiej w alkoholu, niż w wodzie (Rys. 84 b). 84 Gdybyśmy zatem nie znali gęstości cieczy badanej, moglibyśmy ją wyliczyć z zanurzania się w niej areometru i taki też jest użytek tego przyrządu.

ość

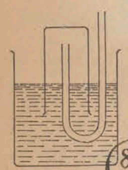
ll 62 — 68 — 75

§ ll. Powietrze (Воздухъ).

~~Bardzo~~ Często zapominamy o powietrzu, w którem jesteśmy zanurzeni. Nie widzimy powietrza, nie posiada ono zapachu, zazwyczaj nie przeszkadza naszym ruchom; dlatego zwracamy na nie mało uwagi. Naprzykład powiadamy, że szklanka, w której nic nie dostrzegamy, jest *próżna* czyli *pusta*. Tymczasem rzeczywiście nie jest ona pusta; zawiera ona powietrze, które, gdy jest ściskane, stawia opór. Zanurzając szklankę dnem do góry do wody (rys. ll 85.), zobaczymy, że woda nie wchodzi do szklanki; poziom jej w szklance jest niższy, niż nazewnątrz szklanki. Tak nie mogło by być, według § ll 58-go, gdyby na wodę w szklance nie działało jakieś ciśnienie, nie pozwalające wyrównać się obu poziomom. Powiadamy zatem: powietrze stawia opór, gdy jest ściskane; *powietrze ma sprężystość objętości* (§ ll 53.). Powietrze stawia tu opór dlatego, że nie może ujść, że wdzieranie się wody do szklanki musiałoby zmniejszyć *objętość*, jaką powietrze zajmuje. Lecz *postaci* własnej powietrze nie posiada, podobnie jak nie posiada jej woda. Zmienione w swej postaci, nie okazuje ono dążności do przybrania jej napowrót, jak to czyni stal albo kauczuk. Powietrze nie ma więc sprężystości postaci. Pomyślmy, jak dalece bylibyśmy skrępowani w codziennych naszych czynnościach, gdyby powietrze miało sprężystość postaci. Pozwólmy ujść powietrzu, zawartemu w szklance, rys. 85., wprowadźmy np. szklankę odrazu do wody razem z rurką, to jak widzimy na rys. 86., a zobaczymy, że woda podniesie się w szklance do poziomu tegosamego, na jakim stoi dokoła.



Rys. 85.

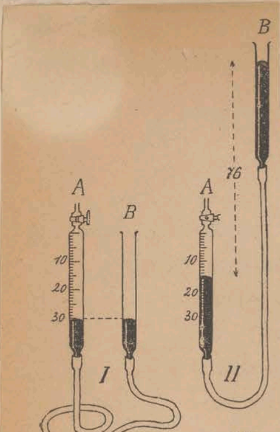


Rys. 86.

§ II 63. Ściśliwość powietrza (Сжимаемость воздуха).

Powietrze zatem ma sprężystość objętości, jak woda; zobaczymy, jak znaczną ma sprężystość objętości. Wiemy, że woda jest bardzo mało ściśliwa (§ 49). Powróćmy do przyrządu (rys. 58.), który posłużył w § 49. do unaocznienia małej ściśliwości wody. Gdyby w tymsamym dokładnie przyrządzie zamiast wody było powietrze, nie potrzebaby wówczas 2000 kg (zob. § 49.), dość byłoby położyć $\frac{1}{10}$ kg. czyli 100 gramów, ażeby wcisnąć tłok o 1mm ku dołowi. Doświadczenia tego nie można oczywiście wykonać w tak prosty sposób; przytaczamy je tylko dla unaocznienia różnicy w ściśliwości powietrza i wody. Widzimy, że powietrze jest znacznie łatwiej ściśliwe, niż woda. Gdybyśmy położyli 2000 kg. na tłok w walcu, zawierającym powietrze, ścisnęłoby się ono prawie do $\frac{1}{200}$-ej części swej objętości pierwotnej; powietrze wówczas stawiałoby tak ogromny opór, czyli wywierałoby od dołu na tłok tak ogromne ciśnienie, że ciężar 2000 kg zostałby przez nie zrównoważony i tłok nie mógłby już posunąć się niżej ani o najmniejszą część milimetra.

Powiedzieliśmy, że nie można wykonać doświadczenia powyższego (w sposób tak prosty); niepodobna, ażeby tłok, chodzący zupełnie bez tarcia, przystawał szczelnie;



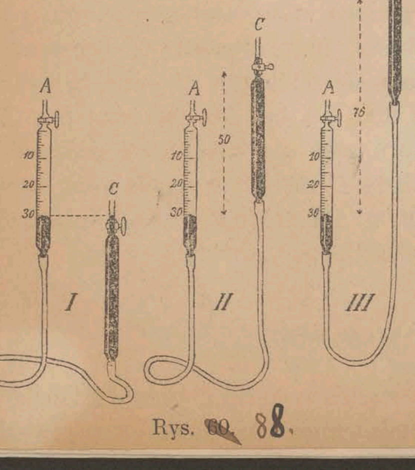
Rys. 87.

dlatego zastąpmy tłok wraz z ciężarem przez słup rtęci. Zbudujmy przyrząd, jaki przedstawia rys. 87. Rurka *A*, opatrzona kurkiem, ma podziałkę, wskazującą, ile zawiera się w niej *cm*³, poczynając od kurka. Zapomocą wytrzymałej rurki kauczukowej rurka ta łączy się z drugą *B*. Otwieramy w *A* kurek i doprowadzamy rtęć w rurce np. do liczby 30. Oba poziomy rtęci stoją jednakowo wysoko (rys. 87., I). Zamykamy teraz kurek; zatem w *A* zamknęliśmy pewną ilość powietrza takiego, jakie nas dokoła otacza, czyli *atmosferycznego*; tę ilość powietrza będziemy ściskali. Podnosimy rurkę *B* i widzimy: 1) że objętość powietrza w *A* zmniejsza się; 2) że odległość pomiędzy poziomami rtęci zwiększa się (rys. 87, położenie II). Zobaczmy, jakich słupów rtęci potrzeba, ażeby powietrze, uwięzione w przyrządzie, ścisnąć do dwóch trzecich, do połowy, do jednej trzeciej objętości pierwotnej; podnośmy rurkę *B*, dopóki rtęć w *A* nie dojdzie do żądanej kreski na podziałce. Przekonamy się, że pionowa odległość pomiędzy poziomami wyniesie 38 *cm*, gdy w *A* rtęć dojdzie na podziałce do liczby 20; że wyniesie 76 *cm*, gdy w *A* rtęć dojdzie na podziałce do liczby „15"; że wyniesie nareszcie 152 cm, gdy w A rtęć dojdzie do liczby „10". Zobaczymy dalej (§ 66.) co te liczby znaczą.

Część rurki A pomiędzy rtęcią a kurkiem możemy teraz wypełnić wodą zamiast powietrzem; powtórzmy wówczas takie same doświadczenia i pomiary, jak opisane przed chwilą, a przekonamy się, że pod działaniem ciśnienia słupów rtęciowych, wynoszących 38 cm, 76 cm, a nawet 152 cm, woda ściska się tak nieznacznie, że niepodobna jest zauważyć zmniejszenia się jej objętości. Jeśli poziom rtęci w A, przy równości obu poziomów, stał na podziałce „30", tedy nie podnosi się ocenialnie ponad tę podziałkę, gdy poziom w B znajduje się wyżej o 152 cm. Powietrze jest znacznie łatwiej ściśliwe, czyli znacznie bardziej ściśliwe, niż woda.

§ 44. Ciśnienie powietrza.

Przekonaliśmy się, że ilość powietrza, jaką zamknęliśmy w rurce *A* pomiędzy rtęcią a kurkiem, wywiera pewne ciśnienie, gdy zajmuje objętość 20 *cm*³. Powstaje pytanie, czy nie wywiera ona już wówczas ciśnienia, gdy zajmuje pierwotną swą objętość 30 *cm*³? Wprawdzie widzimy wówczas oba poziomy na wysokości jednakiej (rys. 87., I); ale możemy to wytłómaczyć obecnością powietrza także i w otwartej rurce *B*. Bo jeśli zamknięte w *A* powietrze ciśnie na rtęć, tedy także powietrze, znajdujące się w *B*, ciśnie na rtęć, mianowicie ciśnie równie silnie, skoro w *A* zamknęliśmy zwykłe powietrze atmosferyczne. Żeby się więc przekonać, czy powietrze w *A* (rys. 87.) wywiera ciśnienie,

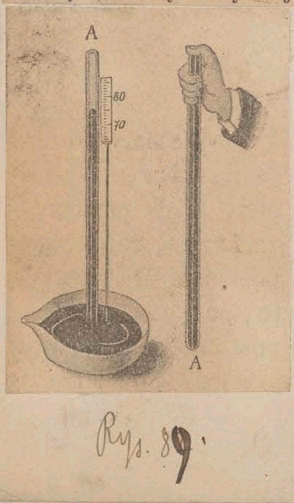


Rys. 88.

należałoby doświadczenie tak urządzić, żeby nad rtęcią w *B nie było* wcale powietrza. Możemy tego dopiąć, biorąc zamiast otwartej rurki *B* rurkę *C*, zaopatrzoną w kurek (rys. 88). Najprzód obniżamy rurkę *C* tak, że rtęć przechodzi w niej po za kurek i nieledwie przelewa się górą (rys. 88, I). W tem położeniu *zamykamy* kurek *C* i podnosimy rurkę *C* do góry. (Kurek *A* może być przytem bądź otwarty, bądź zamknięty). Podnosząc rurkę *C*, widzimy, że rtęć w niej nie opada; możemy podnieść kurek *C* o 20, o 50, nawet o 70 centymetrów powyżej rtęci w *A*, a rtęć w *C* nie opadnie (rys. 88, II). Podnieśmy rurkę C jeszcze wyżej; np. tak, żeby kurek *C* był wzniesiony o metr ponad rtęć w *A*. Wówczas stanie się coś nowego. Rtęć w *C* odrywa się od kurka, opada i zatrzymuje się na wysokości 76 *cm* ponad poziomem w *A* (rys. 88, III). Jeśli podniesiemy rurkę *C* jeszcze wyżej, poziom rtęci nie podniesie się w niej, ani się nie zniży, lecz zostanie wzniesiony o 76 *cm* ponad poziom w *A*. *Powiadamy, że w rurce C, pomiędzy rtęcią a kurkiem, mamy teraz próżnię* (пустота безвоздушная). Istotnie, powietrze tam dostać się nie mogło ani przez kurek (jeśli jest szczelny), ani przez rtęć, ani przez szkło. Zresztą, opuszczając teraz rurkę *C* na dół, dostrzegamy, że rtęć mocno uderza o szkło, wydając odgłos dziwnie suchy; znak, że tam niema powietrza, które jakby poduszka łagodziłoby uderzenie rtęci. Czemuż w położeniu III. (rys. 88) poziom rtęci w *C* trzyma się o 76 *cm* wyżej od poziomu w *A*? Co podtrzymuje słup rtęci, 76 *cm* wysoki? Skoro pomiędzy rtęcią a kurkiem w *C* jest próżnia, przeto tam niema żadnego ciśnienia na rtęć, więc ciśnienie powietrza w *A* jest powodem różnicy poziomów. *Zwykłe* atmosferyczne *powietrze* (jakie nas otacza) *wywiera ciśnienie, które może podtrzymywać słup rtęci o wysokości 76 centymetrów.* Rozumiemy teraz, dlaczego rtęć nie odrywała się od kurka *C*, dopóki był on wzniesiony nad poziom w *A* o 20, 50 lub 70 *cm* (rys. 88, II). Rozumiemy także dlaczego, skoro rtęć się oderwała i próżnia się utworzyła, dalsze podnoszenie rurki *C* nie miało wpływu na wzniesienie górnego poziomu nad dolnym. Bo próżnia, czy zajmuje małą objętość, czy dużą, nie wywiera żadnego ciśnienia.

§ 48. Barometr. (~~Барометр~~)

Doświadczenie poprzednie można inaczej wykonać. Rurkę *A* (rys. 89), [redacted] u jednego końca zamkniętą, u drugiego otwartą, o długości przenoszącej 76 *cm*, wypełniamy rtęcią. Następnie zamykamy ją palcem, przewracamy i wprowadzamy pod rtęć do płaskiego naczynia; odejmujemy palec, gdy otwór rurki [redacted] zanurzył się pod rtęcią w naczyniu. Rtęć spada w rurce *A* i zatrzymuje się o 76 *cm* nad poziomem w płaskiem naczyniu. Możemy przekonać się o tem zapomocą krótkiej podziałki *S*, do której przytwierdziliśmy prosty drut stalowy, długi na 65 *cm*. Obraz drutu odbija się w rtęci, łatwo więc zobaczyć, kiedy dotyka jej zwierciadła. Powiadamy, że przyrząd ten jest tylko inną postacią urządzenia, przedstawionego na rys. 88, III. Ciśnienie powietrza na rtęć w płaskiem naczyniu podtrzymuje tu słup rtęci, podniesiony w rurce A, z powodu, iż nad rtęcią w A jest próżnia; zupełnie podobnie ciśnienie powietrza na lewy poziom w dawniejszym przyrządzie (rys. 88, III) podtrzymywało prawy poziom wzniesiony wyżej o 76 cm. W obu razach ciśnienie atmosferycznego powietrza równoważy ciężar podniesionego słupa rtęci.



Rys. 89.

Gdybyśmy wzięli w przyrządzie, wyobrażonym na rys. 89, rurkę

[redacted] szerszą, np. rurkę *B* o przecięciu dwa razy większem niż przecięcie ↑ *A*, czy słup [redacted] podniesiony ↓ będzie miał również ⊥ 76 *cm*? Gdyby tak było, słup w rurce *B* zawierałby dwa razy tyle rtęci, ważyłby zatem dwa razy więcej niż słup w *A*; mogłoby się więc wydawać, że w *B* słup powinien być niższy; *ale tak nie jest.* Ciężar słupa w *B* będzie Γ dwa razy większy niż ciężar słupa w *A*; ale też J będzie się rozpościerał na *pole* dwa razy większe. *Ciśnienie* zatem *na jednostkę pola* (§ 54) będzie jednakowe. Możemy więc powiedzieć, że *miarą ciśnienia powietrza jest słup rtęci o wysokości 76 cm*; ∫ nie potrzebujemy dodawać, jak wielkie ~~jest~~ przecięcie H słupa. Przeciwnie, jeżeli chcemy porównać ciśnienie powietrza z ciśnieniem, sprawianem przez pewien ciężar, np. przez kilogram, na [redacted] podstawę, musimy określić pole tej podstawy; kilogram bowiem (inaczej ciśnie) na pole o T 10 *cm*² niż na pole o L 20 *cm*². Przypuśćmy [redacted], że rurka *A* (rys. 89) ma 1 *cm*² przecięcia; słup podniesionej w niej rtęci zawiera więc 76 *cm*³ a zatem (§ 20) waży 76×13,5=1026 gramów. Zatem słup rtęci w rurce *A* wywiera ciśnienie przeszło kilograma na każdy centymetr kwadratowy przecięcia, na którem łączy się z rtęcią szerokiego naczynia; takie jest ciśnienie powietrza.

1cm.kw.

Rys. 90.

Powietrze atmosferyczne wywiera ciśnienie przeszło kilograma na centymetr kwadratowy. Jest to potężne ciśnienie, bo centymetr kwadratowy to niewielka rozległość (rys. 90). Np. na stół o rozległości jednego metra kwadratowego powietrze ciśnie siłą ciężaru 10260 kilogramów.

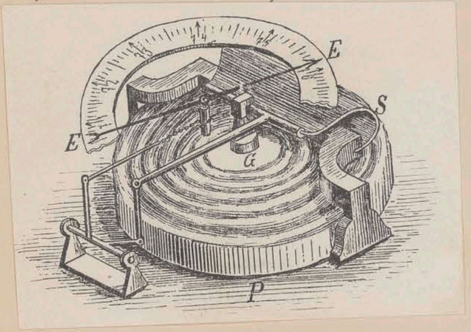
Ciśnienie powietrza ↓ nie jest zresztą dokładnie stałe, lecz ulega nieustannym, choć wogóle niezbyt znacznym wahaniom; w danej miejscowości zależy ono od stanu otaczającego powietrza, czyli od tego, co nazywamy pogodą. Gdy np. burza nadciąga, ciśnienie powietrza najczęściej jest stosunkowo niskie. W zimie ciśnienia powietrza bywają naogół większe, niż w lecie. W krajach europejskich zmiany dzienne w ciśnieniu powietrza są najczęściej nieprawidłowe; natomiast w krajach bliskich równika bywają prawidłowe: tam mniej więcej od 10-ej zrana do 4-ej popołudniu ciśnienie zmniejsza się, od 4-ej popoł. do 10-ej wieczorem zwiększa się, potem zmniejsza się aż do 4-ej rano mniej więcej, nareszcie znów zwiększa się aż do 10-ej rano i t. d. Ciśnienia powietrza w ~~jednej i~~ tej samej chwili w dwóch różnych miejscowościach są prawie zawsze niejednakowe; dlatego też średnie ciśnienia (np. średnie za cały rok) bywają zazwyczaj różne w różnych miejscowościach. Są one wogóle tem mniejsze, im wyżej nad poziomem morza leży dana miejscowość; poznamy dalej (~~§~~) przyczynę tej okoliczności. Średnie ciśnienie w miejscowościach, leżących w poziomie morza, wynosi 76 cm. słupa rtęciowego; dlatego ciśnienie 76 cm słupa rtęciowego nazywa się ciśnieniem atmosferycznem normalnem (czyli zwyczajnem) lub krócej atmosferą (давление атмосферное нормальное).

Przyrządy, które służą do mierzenia ciśnienia powietrza, nazywają się barometrami. Najdokładniejsze i najpewniejsze są barometry rtęciowe ✓, jakiemi są np. przyrządy, wyobrażone na rys. 88 oraz 89; barometry rtęciowe, używane bądź w pracowniach (~~naukowych~~ naukowych), bądź też w życiu codziennem, różnią się od tych

↑ poprzedniej rurki
↓ w nowej rurce B
⊥ wysokość
Γ wprawdzie
J zato
∫ i
H ma być ⊥ tego
T rozległości np.
L rozległości
\ 38
Ш 89.
N 90.
↓ w danej miejscowości
✓ барометры ртутные

przyrządów tylko szczegółami budowy.

Prócz rtęciowych, spotyka się często barometry (барометры) t. zw. metalowe, czyli aneroidy (анероиды). Najważniejszą część aneroidu stanowi płaska puszka P (rys. 91.), której wieko, wyrobione z cienkiej blachy, ma postać sfałdowaną falisto. Puszkę wypróżnia się z powietrza i zamyka się szczelnie. Przypuśćmy, że, dla danego ciśnienia atmosferycznego, wieko trwa w pewnem położeniu; to znaczy, że sprężystość metalu, w tem położeniu wieka, równoważy się z danem ciśnieniem atmosferycznem. Jeśli teraz ciśnienie to zwiększy się, wieko się wygnie ku dołowi, aż rosnąca tym sposobem jego sprężystość zrównoważy nowe, wzmożone ciśnienie. Jeśli ciśnienie zewnętrzne się ~~zwiększy~~ zmniejszy, wieko przeciwnie wygnie się ku górze. Sprężyna S reguluje ruchy wieka i umocowanego na niem guzika G; układ zaś dźwigni powiększa i przenosi zarazem ów ruch na oś, na której lekka wskazówka EE obracać się może. Przyrząd taki trzeba „skalibrować" t. j. opatrzyć go podziałką, zbudowaną przez porównanie z barometrem rtęciowym. Mniej dokładne od barometrów rtęciowych, aneroidy bywają często dogodne, jako łatwo przenośne i proste w użyciu. 79



Rys. 91.

Budują też coraz częściej obecnie t. zw. barografy (барографы) t. j. samopiszące barometry, bądź rtęciowe, bądź metalowe, które same zapisują swoje wskazówki. Ruch poziomu rtęci, albo sprężystego metalowego denka, bywa przeniesiony w nich ~~bywa~~ na ruch ołówka po przesuwającej się powoli i jednostajnie taśmie papieru.

§ 11. Objętość a ciśnienie.

87

Wróćmy do § 46. Wiemy, że na rtęć w rurce B (rys. 59.) działa ciśnienie powietrza atmosferycznego, czyli 1 atmosfera. Zatem, kiedy poziomy w A i B stoją jednakowo wysoko (rys. 59.), znaczy to, że powietrze w A wywiera ciśnienie, równe 76 *cm*; kiedy poziom w B stoi wyżej niż w A o pewną liczbę centymetrów, znaczy to, że powietrze w A wywiera ciśnienie tylu centymetrów, ile wynosi odległość pomiędzy poziomami, więcej 76 *cm*. Ażeby znaleść ciśnienie powietrza w A, trzeba więc dodać zawsze 76 *cm* do odległości pomiędzy poziomami. W § 46. powiedzieliśmy, jakie muszą być odległości pomiędzy poziomami, ażeby powietrze, które zajmowało z początku 30 cm^3, ścisnęło się do 20, do 15, do 10 cm^3. Obliczmy teraz ciśnienia, które powietrze wywierało w tych objętościach.

Objętość powietrza w A	Odległość pomiędzy poziomami A i B	Ciśnienie powietrza w A
30 cm^3	Zero	76 *cm* czyli 1 atm.
20 cm^3	38 *cm*	114 *cm* czyli 1·5 atm.
15 cm^3	76 *cm*	152 *cm* czyli 2 atm.
10 cm^3	152 *cm*	228 *cm* czyli 3 atm.

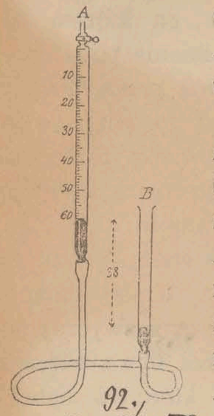
Ш 66. V (~~Объем~~ a ~~давление~~)

Ш 63

Ш 87

Ш 63

Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zmniejszała się do połowy (np. z 30 na 15, z 20 na 10 cm^3), ciśnienie powiększało się w dwójnasób. Tak zachowuje się powietrze. *Ile razy zmniejszymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy powiększy się jego ciśnienie.*



Rys. ~~88~~ 92.

Zmniejszaliśmy dotychczas objętość powietrza; czy nie możemy jej powiększać? Opuśćmy na dół rurkę *B* (rys. ~~88~~ 92.), zamiast ją podnosić do góry. Zobaczymy, że poziom w rurce *A* będzie stał wyżej, niż w rurce *B*. To znaczy, że powietrze w rurce *A* wywiera teraz ciśnienie *mniejsze*, niż powietrze atmosferyczne, t. j. mniejsze niż jedna atmosfera. Jeżeli np. poziom *A* stoi o 19 cm albo o 38 *cm* wyżej niż *B*, to znaczy, że powietrze w *A* ma ciśnienie o 19 cm albo o 38 *cm* mniejsze od 1 atmosfery, a więc ciśnienie 57 *cm* albo 38 *cm*. Teraz więc trzeba *odjąć* odległość ~~powierzchni~~ poziomów od 76 *cm*, żeby znaleść ciśnienie powietrza w rurce *A*. W ten sposób znajdziemy:

Objętość powietrza w *A*	Odległość pomiędzy poziomami *A* i *B*	Ciśnienie powietrza w *A*
40 cm^3	19 *cm*	57 *cm* = 0·75 atm.
60 cm^3	38 *cm*	38 *cm* = 0·50 atm.

Porównajmy te ciśnienia z dawniejszemi, jakie mieliśmy przy objętości 20 cm^3 oraz 30 cm^3. Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zwiększała się w dwójnasób (np. z 20 na 40, z 30 na 60 cm^3) ciśnienie zmniejszało się do połowy. *Ile razy zwiększymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy zmniejszy się jego ciśnienie.* Jest to samo prawidło ~~[illegible]~~, jak poprzednie, ~~które~~ stosowało się do zmniejszania się objętości i zwiększania się ciśnień. Obadwa prawidła razem wzięte możemy wyrazić krótko w sposób następujący: ciśnienie pewnej ilości powietrza zmienia się w stosunku odwrotnym do jego objętości. Albo jeszcze inaczej: iloczyn liczb, wyrażających ciśnienie i objętość pewnej ilości powietrza jest stały. Naprzykład:

Kiedy objętość powietrza zamkniętego w *A* wynosiła:	wówczas ciśnienie jego było równe:	Iloczyn wynosi:
60 cm^3	0,50 atm.	60 × 0,50 = 30
40 cm^3	0,75 atm.	40 × 0,75 = 30
30 cm^3	1,00 atm.	30 × 1,00 = 30
20 cm^3	1,50 atm.	20 × 1,50 = 30
15 cm^3	2,00 atm.	15 × 2,00 = 30
10 cm^3	3,00 atm.	10 × 3,00 = 30

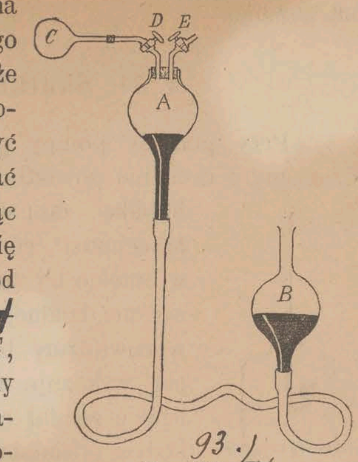
§ ~~50~~ 93. Pompy pneumatyczne (~~[illegible]~~ bez [illegible])

Ostatnie doświadczenie w artykule poprzednim (rys. 92.) naprowadza na pomysł zbudowania tak zwanej pompy pneumatycznej, która służy do ~~pompowania~~ wyciągania powietrza. ~~z pewnego naczynia~~. Wystawmy sobie balon szklany *A* (rys. ~~64~~.),

67

X Ju 74 81

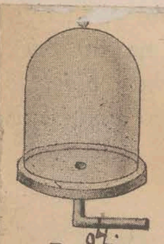
do którego wchodzą dwie rurki. Jedna prowadzi do naczynia C, z którego chcemy wyciągnąć powietrze i ta może być zamknięta kurkiem D. Druga prowadzi wprost na zewnątrz i może być zamknięta kurkiem E. Możemy zniżać lub podnosić rtęć w balonie A, zniżając lub podnosząc balon B, który łączy się z pierwszym rurką kauczukową. Najprzód rtęć w balonie A podnosimy aż do ~~kra~~ D i E. Następnie zamykamy E, łączymy D z naczyniem C i opuszczamy rtęć w A. Rtęć, opadając, pozostawiałaby w balonie próżnię, gdyby nie powietrze w C, które napływa do A. Że jednak ta ilość powietrza, która pod ciśnieniem jednej atmosfery zajmowała objętość naczynia C, rozchodzi się teraz po obu naczyniach C i A, przeto już teraz mamy w C ciśnienie zmniejszone. Jeśli np. objętość A jest trzy razy większa niż objętość C, wtedy ciśnienie w C zmniejszyło się z jednej atmosfery do $1/4$ atmosfery (§ ~~49.~~). Teraz zamykamy D, podnosimy rtęć do góry w A i otwieramy kurek E. Tym sposobem wypędzamy na zewnątrz powietrze, które napłynęło było z C do A. Podniósłszy rtęć jak można najwyżej, znów zamykamy E, otwieramy D i opuszczamy rtęć, jednem słowem, powtarzamy, co czyniliśmy przed chwilą. Powietrze z C rozejdzie się znów po przyrządzie, ciśnienie w C zmniejszy się z $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{16}$ atmosfery. Taksamo postępować będziemy dalej. Po kilku poruszeniach rtęci otrzymamy w C bardzo małe ciśnienie, t. j. usuniemy stamtąd powietrze prawie zupełnie. (Do tych doświadczeń, jak również do opisanych w trzech poprzednich artykułach, należy używać rtęci czystej. Rtęć, znajdująca się w handlu bywa zazwyczaj stosunkowo czysta, trzeba ją tylko przefiltrować, a często i wysuszyć. Z rtęcią należy obchodzić się ostrożnie, zwłaszcza zaś unikać ogrzewania jej w otwartych naczyniach.) Przy doświadczeniach z pompą przydatny bywa *talerz* (rys. ~~65.~~), przez który prowadzi rura do pompy; na talerzu umieszcza się przedmioty, które mają znaleść się w próżni, przykrywając je przyszlifowanym dzwonem szklanym. Dla szczelności brzeg tego dzwonu smaruje się łojem, albo wazeliną, albo mięszaniną parafiny z wazeliną. Podobnym smarem smaruje się również szlifowane części kurków szklanych.)



Rys. ~~64~~ 93.

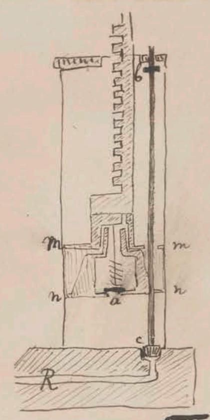
I wytrzymałą
II kurków

66


Rys. ~~65.~~ 87

94.

Możnaby powiedzieć, że pompa rtęciowa, wyżej opisana, ma tłok, zrobiony z rtęci. Budują też często pompy pneumatyczne o tłokach drewnianych lub metalowych, obciągniętych skórą. (поршни воздушни) Zamiast kurków (jak D i E na rys. 93.) robią się wówczas *zastawki* (*wentyle*) czyli klapy, które samo pompowane powietrze ~~samo~~ odmyka i zamyka. (затворка, вентиль) Na rys. 95. widzimy istot–

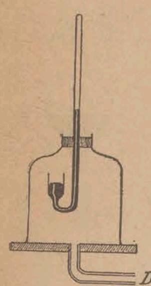


Rys. 95

ną część maszyny podobnej. Przez tłok mmnn przechodzi środkiem kanał, od dołu zamykany zastawką a, od góry łączący się z zewnętrznem powietrzem. Z boku tkwi nadto w tłoku pręt bc, poruszający się razem z tłokiem do góry i na dół, o ile pozwalają na to zatyczka c i haczyk b. Gdy tłok posuwa się do góry, pręt bc podnosi się, kanał R jest więc otwarty, natomiast a zamyka się zaraz pod naciskiem zewnętrznego powietrza, gdyż ruch tłoka rozrzedza pod nim powietrze; a zatem ostatecznie powietrze jest pompowane przez R, np. z pod dzwonu ~~klosza~~ (rys. 94.). Przeciwnie, gdy tłok mmnn zesuwa się na dół, pręt bc opuszcza się, zamyka R; powietrze, które napłynęło było do walca, ściskane, nabiera większego ciśnienia, nareszcie otwiera klapę a i wychodzi nazewnątrz.

§ ~~51~~ 17. Skutki ciśnienia powietrza.

Przy pomocy pompy pneumatycznej sprawdzamy, co powiedzieliśmy o ciśnieniu powietrza. Wstawmy np. pod dzwon ~~(rys. 66)~~ butelkę, zaopatrzoną w korek, przez który przechodzi rurka wyciągnięta (rys. ~~67~~.); w butelce tej znajduje się woda. Gdy pompa zacznie działać, woda tryska z rurki. Albo też wprowadźmy barometr pod dzwon pompy, jak wskazuje rys. ~~66~~. Słup w barometrze będzie spadał coraz niżej, im dłużej pompa będzie działała. Zamknijmy wylot rury w talerzu (rys. ~~65~~.) palcem lub dłonią; w miarę pompowania czujemy, że coś wtłacza nam skórę do rurki. Postawmy na talerzu szeroką rurę szklaną, której otwór górny obwiązaliśmy pęcherzem lub błoną kauczukową; wskutek działania pompy błona staje się wklęsłą ku dołowi ~~i w końcu~~ pęka. Wszystkie te skutki sprawia ciśnienie powietrza. Nie wydają się one nam dziwne, skoro ciśnienie to równa się, jak doszliśmy, przeszło kilogramowi na centymetr kwadratowy.

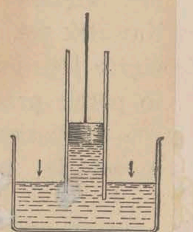


Rys. ~~66~~ (96)



Rys. ~~67~~ 97

Weźmy rurkę, w której porusza się tłok (rys. ~~68~~.); zanurzamy ją dolnym otworem do wody i podnosimy tłok. Tym sposobem tworzy się pod tłokiem próżnia, którą natychmiast napełnia woda, bo wciska ją tam ciśnienie powietrza zewnętrznego. Na tej zasadzie polega działanie pomp wodnych w zwykłych studniach.



Rys. ~~68~~ 98.

Rysunek 99, który przedstawia przecięcie takiej studni, pozwala zrozumieć, bez dalszych objaśnień, ruch tłoka, grę klap, płynięcie wody, jakie

17 68 V (~~Naciągnie maczanie~~ ~~...~~ bożyga)

H 97 — H z rys. 94-go

97

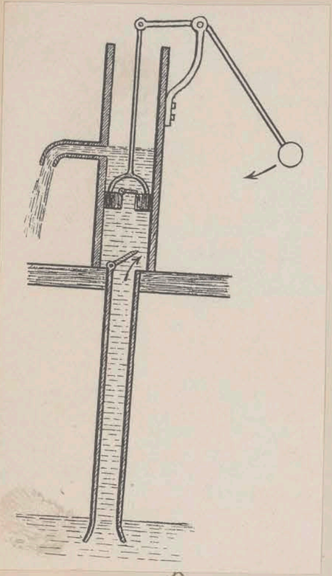
H 96.

94.

H aż nareszcie

T ciśnienia

98



Rys. ~~…~~ 99.

powtarzają się w niej za każdem poruszeniem rękojeści. Budowa sikawek pole- (sykawki) ga w zasadzie na urządzeniu podobnem.

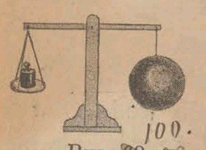
A cap. Gdybyśmy zanurzyli rurkę ~~naszą~~ z tłokiem (rys. ~~68.~~ 98.) do rtęci, wiemy, że wciągnęlibyśmy ją na wysokość 76 *cm* ale nie wyżej. Woda jest 13·5 razy mniej ciężka od rtęci, więc można podnieść w ten sposób wodę o wysokość 13·5 × 76 *cm* czyli o wysokość przeszło 10 metrów, ale nie wyżej. Zwyczajna pompa nie może podnieść wody o większą wysokość.

§ ~~52~~. Powietrze usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

Zkąd bierze się ciśnienie w powietrzu atmosferycznem? W naczyniu pełnem wody mamy też ciśnienie; a mianowicie wiemy (§ ~~…~~), że jest ono poprostu ciężarem wody. Czy taksamo jest w powietrzu? Czy powietrze ma ciężar? Niebawem przekonamy się ~~(§ 53.)~~, że *powietrze ma ciężar;* zauważmy tymczasem, iż, gdyby powietrze nie miało ciężaru, ani dym z komina ani para z kotła nie mogłyby podnosić się w powietrzu do góry. Istotnie: dlaczego korek w wodzie idzie do góry? Bo w jednakowej objętości jest lżejszy od wody (§ ~~61~~.). Więc widocznie dym i para w jednakowej objętości są lżejsze od powietrza, skoro w niem idą do góry. ~~Lecz~~ Gdyby powietrze nie miało ciężaru, dym i para nie mogłyby być lżejsze od powietrza.

Sprawdźmy to rozumowanie. W miastach sprzedają jako zabawkę kauczukowe baloniki. Sama kauczukowa powłoka w baloniku jest oczywiście cięższa od powietrza; ale gaz, którym balonik jest napełniony, tak zwany gaz oświetlający, jest lżejszy od powietrza; balonik więc idzie w powietrzu do góry, z tego samego powodu, z jakiego ~~podobnie jak~~ w wodzie idzie do góry próżna zakorkowana butelka. W takisam sposób bywają urządzane wielkie *balony,* którymi ludzie wznoszą się w powietrze. Balonik taki, ~~U~~umieszczony pod dzwonem pompy pneumatycznej ~~balonik~~ wzlatuje aż do szczytu dzwonu, lecz ~~…~~ opada natychmiast na talerz, skoro pod dzwonem zrobimy próżnię. Istotnie więc *ciało, zanurzone w powietrzu, doznaje parcia do góry, taksamo jak ciało, zanurzone w wodzie* (§ ~~44.~~ 61). Parcie, którego doznaje balonik, jest większe, niż jego ciężar; dlatego balonik wzlatuje do góry. Kawałek szkła albo metalu nie wzlatuje do góry w powietrzu, bo ciężar jego jest znacznie większy niż parcie do góry; zawsze jednak to parcie przeciwdziała ciężarowi t. j. pozornie go zmniejsza.

Zobaczmy, czy pozorna strata w powietrzu jest, tak jak w wodzie, tem większa, im większa jest objętość ciała. Weźmy małą ważkę, na której zrównoważyliśmy (rys. ~~69.~~ 100.) lekką, pustą w środku kulę ciężarkami, śrutem lub rtęcią. Zrównoważyliśmy ją w *powietrzu;* a ponieważ kula ma objętość większą, niż ciężarki, więc powinna doznawać parcia do góry większego. Zatem kula *naprawdę* musi być cięższa niż ciężarki a równoważy się z nimi jedynie dzięki pomocy parcia po-



Rys. ~~69.~~ 100.

Ц 69 V (Wszystkie naraz ~~…~~ …)
Ц 59

wietrza. Istotnie: wstawmy ważkę pod dzwon pompy i wyciągnijmy powietrze a zobaczymy, że strona ważki, po której wisi kula, przechyla się ku dołowi.

77

84

§ 53. Ciężar powietrza.

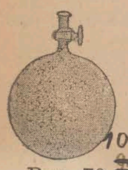
Π 70 V (~~Тежар воздуха~~)

Ciało, zanurzone w wodze, traci [redacted] pozornie na ciężarze tyle, ile waży woda, której miejsce zajmuje. Zobaczmy, czy tosamo stosuje się do powietrza. Przypuśćmy, że kula w przyrządzie rys. 69. ma 1000 cm^3 czyli 1 litr objętości; dalej, że jest zrobiona z bardzo cienkiej blachy, tak że waży kilkanaście gramów; w takim razie ciężarki zajmują tylko kilka cm^3 i możemy pominąć parcie, którego doznają w powietrzu. Zrównoważywszy kulę w powietrzu, widzimy, jak powiedziano, że w próżni kula przeważa. Teraz, zrównoważywszy kulę w powietrzu, dodajmy jeszcze 1·2 grama po stronie ciężarków; wówczas w *powietrzu* ciężarki będą *przeważały,* ale *w próżni będzie równowaga.* To dowodzi, że ciężar kuli zmniejsza się w powietrzu wskutek parcia o 1·2 grama. Zatem litr powietrza musi *ważyć* 1·2 grama.

↓ (§ 61.)

Γ (które zazwyczaj bywają mosiężne)

↓ właśnie



Rys. ~~70.~~ 101.

Żeby to sprawdzić, potrzeba dokładnej wagi oraz bani szklanej z kurkiem (rys. ~~70.~~). Zapomocą pompy pneumatycznej usuwamy z bani powietrze; następnie, zamknąwszy kurek, zawieszamy banię na wadze i równoważymy ją śrutem lub rtęcią. Nareszcie otwieramy kurek i dokładamy ciężarków tyle, ile potrzeba do przywrócenia równowagi. Dołożymy w tym celu 1·2 grama, jeśli bania aż do kurka ma litr objętości. Zatem rzeczywiście: *litr powietrza waży 1·2 grama.* Czy nie popełniliśmy tu jednak błędu, skoro bania, ważona w powietrzu, musiała tracić na ciężarze? Nie popełniliśmy błędu, bo nie szło nam o ciężar bani, lecz o *przybytek* w jej ciężarze, spowodowany tem, że weszło do niej powietrze. Ilekolwiek bania traciła na ciężarze, wszystko jedno, bo traciła zarówno w pierwszem, jak w drugiem ważeniu. Jeśli nie znamy objętości bani, ważymy ją po raz trzeci pełną wody. Ile gramów musimy teraz dołożyć (do śrutu lub rtęci, które równoważyły banię w pierwszem ważeniu) tyle cm^3 bania ma objętości. *Podzieliwszy przybytek w ciężarze bani, spowodowany wejściem powietrza, przez objętość bani, znajdziemy zawsze 1·2 grama na każdy litr powietrza.*

~~≡~~ 101.

| zwykłego

(V прирост)

Powietrze ma zatem stosunkowo znaczny ciężar. Duży pokój może mieć długości i szerokości np. po 5 m a wysokości 4 m; w takim razie zawarte w nim powietrze waży 120 kg. Litr wody waży kilogram, zatem powietrze jest około 850 razy mniej ciężkie niż woda t. j. ma gęstość $\frac{1}{850}$.

| zwykłe

§ 54. Gęstość a ciśnienie.

Ц 71 V (~~Густота а давление~~)

~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie litr powietrza atmosferycznego, np. nad rtęcią w rurce A, rys. ~~63.~~ 92. Mamy w nim, jak wiemy, 1·2 grama powietrza. Przypuśćmy, żeśmy objętość tego powietrza powiększyli w dwójnasób; zmusiliśmy tym sposobem 1·2 grama powietrza do rozejścia się po objętości dwóch litrów. Zatem w pierwszym litrze zostało tylko 0·6 grama powietrza; 0·6 grama powietrza przeszło do drugiego litra. Widzimy więc, że ciężar litra powietrza zmniejszył się do połowy i że gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy. Powiadamy: *w jakim stosunku zwiększamy objętość pewnej ilości powietrza, w takim stosunku zmniejsza się jego gęstość.*

Lecz jeśli zmienia się objętość, którą zajmuje 1·2 grama powietrza, to zmienia się także jego ciśnienie. Zajmując jeden litr, 1·2 grama wywiera ciśnienie 76 cm rtęci; rozszerzywszy się do objętości podwójnej, będzie wywierał [redacted] ciśnienie dwa razy mniejsze (§). Zatem, gdy gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy, ciśnienie zmniejszyło się również do połowy. Możemy powiedzieć na zasadzie § 49.: *w jakim stosunku zmniejszymy gęstość pewnej ilości powietrza, w takim stosunku zmniejszy się jego ciśnienie.*

78

85

Dlatego mówi się o powietrzu, które wywiera ciśnienie, mniejsze niż atmosferyczne, że jest *rozrzedzone* (pozpigrzecne). Innemi słowy, w danej objętości może być powietrza więcej i mniej; jeśli jest go 2 gramy, ciśnienie jest dwa razy większe, niż jeśli jest go gram; jeśli jest go 3 gramy, ciśnienie jest trzy razy większe; i t. d. Każdy gram powietrza znajdującego się w danej objętości sprawia więc swoje ciśnienie, czy w owej objętości są inne gramy powietrza, czy ich niema. Ciało, które ma ~~takie~~ własności, nazywamy *ciałem gazowem* albo *gazem*. Powietrze jest zatem przykładem ciała gazowego. Lecz, jak prócz wody jest wiele innych ciał ciekłych, podobnie prócz powietrza jest wiele innych ciał gazowych, np. tlen, wodór, bezwodnik węglowy i t. d., o czem dowiemy się dokładniej z Chemii, a także z rozdziału ~~o cieple~~ czwartego.

§ ~~55~~ 72. O wysokości atmosfery ~~rozbuconey~~ atmosferycznej

Kula ziemska jest przykryta powłoką powietrza. Wejdźmy na wysoką wieżę, wstąpmy na szczyt góry, wznieśmy się balonem — znajdziemy tam wszędzie powietrze. A zatem żyjemy w głębi ogromnego oceanu powietrza, jak rośliny dna morskiego, które żyją w głębi ogromnego oceanu wody. Jak wysoko sięga ten ocean powietrza, ta *atmosfera*, jak go nazywają? Gdzie się ona kończy? Mimowoli nasuwa się takie pytanie.

Zdawałoby się, że można łatwo na nie odpowiedzieć. Wyobraźmy ~~sobie~~ sobie 1 m^2, leżący poziomo na ziemi. Wiemy (§ ~~48~~ 65), że ciśnienie powietrza cięży na nim ciężarem 10260 *kg*. A ponieważ ciśnienie powietrza wynika z ciężaru powietrza (§ ~~52~~ 69), więc 10260 *kg* jest to ciężar słupa powietrza, który wznosi się na podstawie metra kwadratowego od ziemi aż do krańców atmosfery. Ponieważ zaś metr sześcienny powietrza waży 1·2 *kg* (§ ~~53~~ 70), zdawałoby się przeto, że wspomniany słup, ażeby módz pomieścić w sobie 10260 *kg* powietrza, powinien składać się z $\frac{10260}{1 \cdot 2}$ czyli z 8550 sześcianów, mających każdy po metrze wysokości. Czy zatem atmosfera ma 8550 metrów wysokości? Bynajmniej tak nie jest; atmosfera sięga znacznie wyżej, jak to zaraz zobaczymy.

§ ~~56~~ 73. Im wyżej, tem ~~powietrze rzadsze~~ ciśnienie mniejsze.

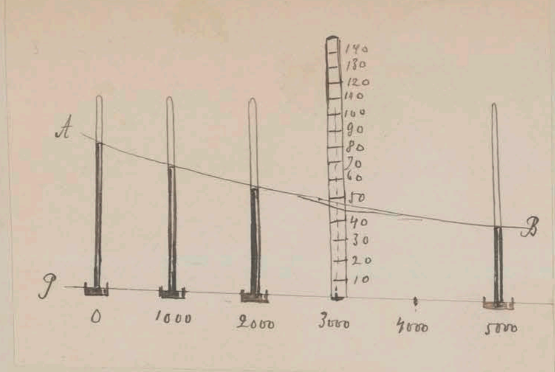
W wodzie, im głębiej, tem ciśnienie większe (§ ~~48~~ 59); tak być musi, skoro ciśnienie w wodzie w pewnej głębokości ~~= to~~ wynika z ciężaru wody, powyżej leżącej. W powietrzu jest podobnie: ciśnienie w atmosferze w pewnej wysokości wynika z ~~to~~ ciężaru powietrza, powyżej leżącego. A zatem *w miarę oddalania się od powierzchni ziemi ciśnienie powietrza musi być coraz mniejsze;* my zaś, na dnie atmosfery, mamy *największe* ciśnienie powietrza. Że tak jest, okazuje się w każdej podróży balonem. Przy wzlocie balonu, na powierzchni ziemi, barometr pokazywał (przypuśćmy) 76 *cm*; w takim razie będzie pokazywał:

na wysokości 1000 m nad ziemią --- około 67 cm

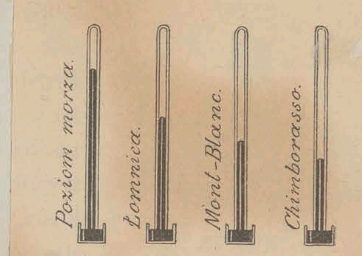
na wysokości 2000 m nad ziemią --- około 59·5 cm

na wysokości 5000 m nad ziemią --- około 41 cm.

Narysujmy te wysokości barometru ~~tak~~, jak to przedstawia rys. , mianowicie w kolejnych odstępach od lewej ku prawej, odpowiadających kolejnym wzniesieniom barometru nad ziemią; na rys. ~~45~~ 102. np. 1 cm odstępu wzdłuż poziomej PP wyob-



Rys. ~~7~~ 102.



Rys. ~~72~~ ~~7~~ 103.

rasa 1000 m wzniesienia nad ziemią. Połączmy wierzchołki słupów barometrycznych linią ciągłą, krzywą AB i pokazuje ona, jaka zachodzi zależność pomiędzy wysokością barometru a wzniesieniem. ~~nad ziemią~~. Gdyby balon podnosił się w górę ruchem jednostajnym (t.j. z prędkością stałą) linia AB wskazywałaby, w jaki sposób z biegiem czasu opadała rtęć w barometrze. Taką linię AB nakreśliłby naprzykład barograf (§ 65), który znajdowałby się w podnoszącym się jednostajnie balonie. Narysowawszy taką linię dokładnie (najlepiej na kratkowanym papierze), możemy oczywiście odpowiedzieć (np. na ~~takie~~ pytanie: ~~jak np.~~ jak wysoko stoi barometr na wysokości 3000 m nad ziemią? jak również na pytanie odwrotne np.) ~~jak np.~~: na jakiej wysokości nad ziemią barometr pokaże 45 cm? Dosyć przesunąć w tym celu skalę S wzdłuż krzywej AB tak, żeby jej zero stanęło na punkcie „3000" poziomej PP, albo, żeby przecięcie się jej z krzywą AB przypadło na punkt „45" na jej własnej podziałce.

Na wycieczkach w góry możemy sprawdzić (najdogodniej za pomocą aneroidu, § 65.), że ciśnienie powietrza jest coraz mniejsze, ~~w miarę~~ w miarę tego, jak wznosimy się wyżej i wyżej. Jeżeli znamy skądinąd wysokość góry, możemy sprawdzić przebieg linii AB na rys. 102. Jeżeli zaś, przeciwnie, nie wiemy, jak wysoko jesteśmy wzniesieni, możemy wynaleźć wysokość naszego wzniesienia (ponad poziom morza) w sposób, widoczny z poprzednich objaśnień. Rys. 103 przedstawia np. wysokość barometru w poziomie morza, na szczycie tatrzańskim Łomnicy, na górze Mont-Blanc i na górze Chimborasso. Możemy wynaleźć ~~znajdujemy~~, przez porównanie z krzywą AB, jak wysoko wznosi się ~~że~~ (Łomnica, ~~wznosi się ... m~~, Mont-Blanc, oraz ~~... m~~, Chimborasso. ~~... m,~~ nad poziomem morza. Widzimy więc, że można mierzyć wysokości za pomocą barometru; jednakże, ażeby takie pomiary dawały wypadki ścisłe, potrzeba dokładnych przyrządów oraz starannych i szczegółowych obliczeń.

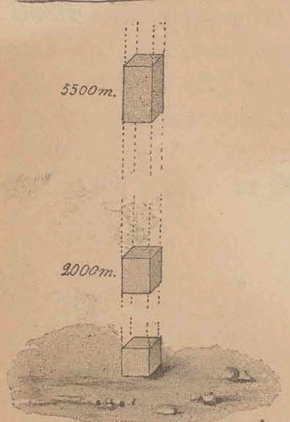
10. 50.00
50.000

§ 74. Im wyżej, tem powietrze rzadsze

~~(Im bardziej, tem bardziej przyrost)~~

Jeśli ciśnienie w atmosferze jest coraz mniejsze, im dalej od ziemi, to powiadamy ~~(§ 51.)~~ [‡ na zasadzie § 71-go]: *im dalej od ziemi, tem gęstość powietrza jest mniejsza, tem powietrze jest rzadsze.* Istotnie, w górach i w balonie znajdujemy coraz rzadsze powietrze, im wyżej się wznosimy. Dlaczego nie dostrzegamy w wodzie podobnego przyrostu gęstości ku dołowi, np. w dużym zbiorniku? Bo woda jest ~~(§ 35.)~~ nadzwyczaj mało ściśliwa (§ 49.). Ciężar wysokiego nawet słupa wody jest jeszcze zbyt słaby, ażeby mógł ścisnąć wodę w sposób dostrzegalny. Wyobraźmy sobie np. walec z § 49-go, rys. 58, o przecięciu 10 cm² jak dawniej, ale o wysokości np. 50 m. Jest to wysokość znaczna; niewiele jest budynków na ziemi, które liczą więcej niż 50 m wysokości. Wyobraźmy sobie ten olbrzymi walec wypełniony wodą. Pomieści się w nim 50 litrów wody, czyli 50 kg. Uważajmy warstewkę wody u samego dna walca, a więc najniżej leżącą; znosi ona ciśnienie 50 kg, czyli 5 kg na każdy cm². Lecz w § 49-ym widzieliśmy, że ciśnienie dopiero 2000 kg. na tłok, czyli 200 kg. na 1 cm² ściskało każdy cm³ wody o jedną setną część cm³; obecne ciśnienie 5 kg na cm² ściśnie każdy cm³ w warstewce najniższej zaledwie o $\frac{1}{4000}$ część cm³. Przeciwnie powietrze jest znacznie bardziej ściśliwe niż woda (§ 63.). A zatem słup wody jest podobny do stosu cegieł, leżących na sobie a słup powietrza [nieledwie] jest ~~byłby~~ raczej podobny do stosu materaców sprężynowych, leżących na sobie: im który niżej leży, tem mocniej jest ściśnięty.

To tłómaczy, dlaczego otrzymaliśmy błędny wypadek, obliczając wysokość atmosfery w artykule ~~poprzednim.~~ [72-im]. Obliczaliśmy, jak wysoki musi być słup, mający za podstawę 1 m², ażeby mógł pomieścić 10260 kg powietrza. Gdyby 1·2 kg powietrza zajmowało zawsze 1 m³, słup ten musiałby mieć, jak powiedzieliśmy, 8550 m wysokości. Ale 1·2 kg powietrza zajmuje 1 m³ tylko tuż nad powierzchnią ziemi; im wyżej zaś, tem powietrze jest rzadsze, więc tem większą objętość brać trzeba, żeby znaleść w niej zawsze 1·2 kg. Idźmy w naszym słupie do góry, poczynając od ziemi (rys. ~~73.~~ 104.); dzielmy go na takie prostopadłościany, ażeby każdy mieścił w sobie 1·2 kg powietrza. Prostopadłościan, leżący tuż przy ziemi, jest sześcianem i ma metr wysokości. Prostopadłościan, leżący o 2000 metrów od ziemi, ma 1 m 27 cm; prostopadłościan, leżący o 5500 m, ma 2 m wysokości. Widzimy zatem, że na wysokości 2000 m, licząc od ziemi pionowo, nie pomieści się 2000 prostopadłościanów, lecz mniej; na wysokości 8550 m od ziemi nie pomieści się 8550 prostopadłościanów, nie pomieści się zatem 10260 kg powietrza. Atmosfera musi sięgać znacznie wyżej niż 8550 m., czyli niż 8·55 Km. Istotnie zauważono, że chmury unoszą ~~się~~ w powietrzu na wys-



Rys. ~~73.~~ 104.

sokościach, dochodzących niekiedy do 80 km. Z drugiej zaś strony wiadomo, że meteoryty poczynają świecić niekiedy w odległości 200 km od powierzchni ziemi. Ponieważ zaś wiadomo, że poczynają one świecić wówczas, gdy rozgrzeją się dostatecznie skutkiem ogromnego tarcia i oporu, jaki im przeciwstawia powietrze (ogromnego dlatego, że prędkość, z jaką ~~pędzą~~ biegną, jest ogromna), przeto pokazuje się, że już nawet na wysokości 200 km nad ziemią musi istnieć powietrze, choć niewątpliwie nadzwyczaj rozrzedzone. –

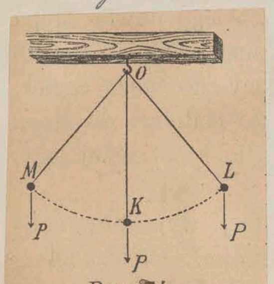
(Koniec wykładu II-go)

Rozdział trzeci.

O falach. O głosie ~~(Про сфалі; про голос.)~~

§ 75. Ruch wahadła. ~~(Рух маятника)~~

W artykułach (17., 18., 40., 41., 42.) poznaliśmy własności wahadła (маятника) i ruchu wahadłowego (р. колебального). Przypominamy, że wahadło w położeniu OK (rys. 105.) wisi spokojnie; w każdem innem położeniu musi się poruszyć. W położeniu np. OL ciężkość kuli LP nie jest zrównoważona; kula poruszy się zatem ku położeniu K, ale tam nie zatrzyma się przez bezwładność; zatem będzie wznosiła się, aż do M, po stronie przeciwnej, dopóki energia, nabyta po drodze LK, nie wyczerpie się na pracę wznoszenia. Gdy to nastąpi, kula pocznie opadać, dojdzie do K, znów przez bezwładność przejdzie po za K, dojdzie do L i t. d., i t. d. Ruch wahadła odbywałby się w taki sposób bez końca, gdyby energia jego nie rozpraszała się zwolna na otaczające przedmioty, na hak, belkę, powietrze, skutkiem tarcia, oporu i t. p. wpływów ubocznych.



Rys. 71.

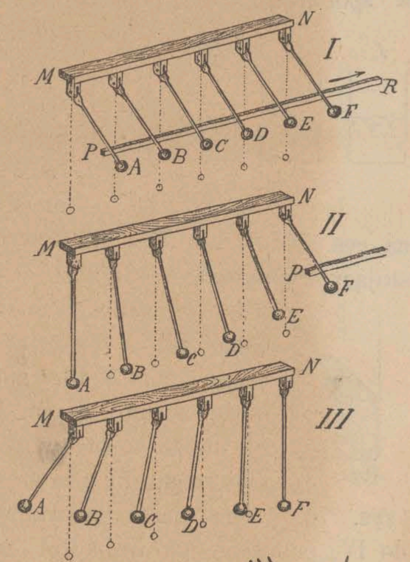
Rys. 105.

Jak widzimy, ruch wahadła wynika z ważenia się ciężkości z jednej strony, bezwładności wahadła z drugiej. Dokonywa się w niem nieustanna zamiana energii ruchu wahadła na pracę przeciwko ciężkości, i naodwrót, pracy ciężkości na energię ruchu wahadła. —

§ 76. ~~§ 58.~~ **Rozchodzenie się ruchu wahadłowego** w szeregu wahadeł (Рух колебаний ~~пр...~~ маятников) 83

90

Pod deseczką *MN* (rys. 11, I.) zawieszamy szereg wahadeł: *A, B, C, D, E, F* i odchylamy je wszystkie razem przy pomocy pręta *PR*, podstawionego pod druty wahadeł. Przypuśćmy teraz, że wysuwamy pręt *PR* z pod wahadeł w kierunku, jaki pokazuje strzałka. Wahadła zaczynają opadać ku pionowym swym położeniom, które na rys. 11, I widzimy kropkowane; dobiegłszy do nich, poruszają się dalej, podnoszą się po stronie przeciwnej, jednem słowem *odbywają ruch wahadłowy*, podobnie jak wahadło *OK* w artykule poprzednim. Lecz pręta *PR* nie wysunęliśmy *odrazu* z pod wszystkich wahadeł; wysunęliśmy go naprzód z pod *A*, chwilę później z pod *B* i t. d. Zanim przeto wahadło *B* rozpoczęło swą drogę, *A* już część swojej odbyło. Na rys. 11, II widzimy chwilę, gdy *A* przebiega przez położenie pionowe, gdy *B, C, D, E* biegną na lewo, ku swoim położeniom pionowym, zaś *F* dopiero rozpoczyna swą drogę na lewo. Na rys. 11, III widzimy nieco późniejszą chwilę, gdy *A* zawraca już i zaczyna drogę powrotną na prawo, gdy *B, C, D, E*, przebiegłszy po za ~~swe~~ położenia pionowe, wznoszą się jeszcze ku górze, zaś *F* przebiega właśnie przez swe położenie pionowe. A zatem widzimy, że, jeżeli *A* w pewnej chwili jest w pewnem położeniu, to chwilę później *B* będzie w takiemsamem położeniu, chwilę później będzie w niem *C* i t. d.



Rys. ~~75~~ ~~...~~ 106.

// ~~...~~ 106

// ~~...~~ 106

// ~~...~~ 106

// ~~...~~ 106.

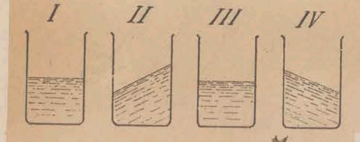
Powiadamy więc, że tu w szeregu wahadeł ruch wahadłowy *postępuje*, posuwa się czyli *rozchodzi się* z pewną prędkością. Istotnie: potrzeba na to pewnego czasu, ażeby którekolwiek położenie (np. największe wychylenie ~~się~~ na lewo) udzieliło się od wahadła *A* aż do wahadła *F* t. j. ażeby posunęło się ono o odległość *AF*. Widzimy dalej, że same wahadła, wahając się, nie posuwają się ani ku jednemu ani ku drugiemu końcowi deseczki *MN*; wahają się one poprzecznie czyli prostopadle do kierunku *MN*. (поперечно, або ~~прямово до напряму~~) Tylko ruch ich, ruch wahadłowy, posuwa się czyli postępuje w kierunku *MN*.

Powtórzmy (raz jeszcze) doświadczenie poprzednie; lecz wysuwajmy pręt PR tak powoli z pod drutów wahadeł, ażeby wahadło F rozpoczęło pierwsze wahnięcie w tej chwili, w której wahadło A, skończywszy pierwsze, rozpoczyna drugie wahnięcie (zob. w § 40-ym określenie wyrazu „wahnięcie"). Ponieważ drugie wahnięcie A jest (w pominięciu oporów i tarcia) dokładnem powtórzeniem pierwszego, więc widocznie wahadła F i A będą teraz odbywały ruch jednakowy: w tej samej chwili będą w największem wychyleniu na prawo, w tej samej chwili przejdą przez położenia pionowe, w tej samej dojdą do największych wychyleń na lewo. Gdybyśmy mieli nie sześć, ale np. trzydzieści wahadeł, umieszczonych w równych odstępach, jak powyżej, i gdybyśmy poruszyli je w opisany sposób, wysuwając pręt ruchem jednostajnym, spostrzeglibyśmy podobnie, że nie tylko ~~szóste~~, ale i jedenaste wahadło, szesnaste wahadło, dwu-

dzieste i pierwsze wahadło i t. d. i t. d. wahałyby się wszystkie spółcześnie i zgodnie z pierwszem wahadłem. Wówczas powiemy: wzdłuż szeregu wahadeł ruch ~~ich~~ wahadłowy posuwa się z taką prędkością, że w ciągu czasu jednego zupełnego wahnięcia przebywa odległość AF, czyli, jak tutaj, pięć razy wziętą odległość dwóch sąsiednich wahadeł. O tę długość AF odległe są od siebie wahadła, które poruszają się zgodnie V t. j. które w chwilach jednakowych są w położeniach jednakowych. Takie posuwanie się ruchu wahadłowego możemy nazwać rozchodzeniem się fali w szeregu wahadeł; długość AF będzie nazywała się wówczas długością ~~tej~~ fali (довжиною хвилі) V (згідно)

§ 77. Ruch wahadłowy wody (~~Рух колебальний води~~)

Woda w szklance ma powierzchnię poziomą, dopóki jest w spoczynku; ale popchnijmy szklankę po stole a powierzchnia pocznie się zaraz kołysać: z poziomej (rys. ~~76~~ 107, I) staje się pochyłą (II), ale tylko ~~na~~ przez nadzwyczaj krótką chwilę, gdyż zawraca natychmiast w stronę przeciwną (III, IV).



Rys. ~~76~~ 107.

Albowiem woda nie może trwać w położeniu pochyłem, jakie wyobraża rys. 107, II (ani IV.) wytłomaczyliśmy to już ~~[illegible]~~ w § 60-ym. A zatem woda popłynie ze strony prawej na lewą, przybierze położenie III na rys. 100-ym, lecz nie pozostanie w tem położeniu (jakkolwiek to jest położenie równowagi); nie pozostanie w niem przez bezwładność, zupełnie podobnie jak wahadło przez bezwładność ~~wy~~przebiega po za położenie pionowe (§ 75.). Woda przybierze więc położenie IV na rys. 107-ym, poczem znowu „zawróci", przyjmie napowrót położenie III, II, I i t. d. i t. d., aż opór i tarcie wody o szkło, o powietrze i o samą siebie nie odbierze jej energii i nie uspokoi jej wahań.

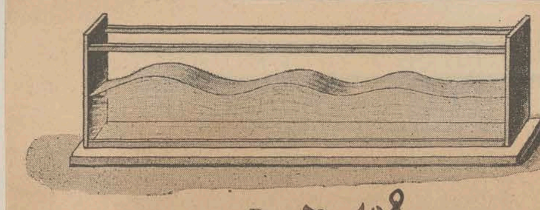
Od wiersza

Widzimy, że wahanie się wody ~~jest~~ wynika podobnie z kolejnego ważenia się ciężkości i bezwładności wody, jak wahanie się wahadła (§ 75.) ~~jest~~ wynika z ważenia się ciężkości i bezwładności wahadła.

§ 78. Rozchodzenie się ruchu wahadłowego wody (~~Розходження~~ [illegible] коливних [illegible])

Weźmy długie koryto pełne wody (rys. 108). Koryto takie możemy uważać jakgdyby za szereg szklanek, połączonych ze sobą. A zatem, jak przeszliśmy poprzednio od ruchu jednego wahadła do rozchodzenia się ruchu wahadłowego w szere-

gu wahadeł, podobnie możemy przejść teraz od ruchu wahadłowego wody w (prostej) szklance do rozchodzenia się takiegoż ruchu w długiem korycie. Upuśćmy nagle nieco wody na powierzchnię wody u jednego końca koryta; w ten sposób wprawiamy tam wodę w ruch wahadłowy. Ruch ten udziela się dalej i rozchodzi się po całem korycie; widzimy wtedy



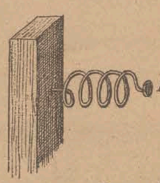
Rys. ~~78~~ 108.

falę√, która biegnie po powierzchni. Posypmy powierzchnię wody miałem korkowym lub drzewnym; zobaczymy, że pływające cząsteczki podnoszą się i opadają, gdy fala przebiega, ale nie posuwają się ani naprzód, ani wstecz. A zatem, gdy fala przebiega, nie sama woda posuwa się naprzód, lecz tylko jej kołysanie się, jej ruch wahadłowy posuwa się naprzód, czyli *postępuje* wzdłuż koryta. Podobnie, gdy na powierzchnię wody w stawie lub rzece rzucimy kamień, wstrząśnienie powierzchni rozchodzi się we wszystkich kierunkach i dlatego widzimy fale w postaci kół, rozbiegających się po powierzchni.

√ (филю)

§ ~~61~~ 79. Fale w sprężynie. (~~Хвилі в пружині~~)

Weźmy krótką sprężynkę√ (zrobioną przez skręcenie drutu koło rury), umocujmy ją na jednym końcu (rys. 109.) a na drugim przytwierdźmy kawałek papieru *A* dla uwidocznienia ruchu sprężyny. Jeśli sprężynę ściśniemy, budzi się w niej siła sprężystości; zatem, gdy ją puścimy, sprężyna nie pozostanie ściśnięta, lecz pocznie powracać do pierwotnej długości, a gdy ją dosięgnie, wydłuży się jeszcze nieco przez bezwładność. Znak *A* będzie się poruszał na lewo i na prawo, będzie się *wahał*, podobnie jak kula wahadła, jak kawałek korka na kołyszącej się wodzie. Wahanie się tego znaku będzie więc wynikiem współdziałania sprężystości sprężyny oraz bezwładności sprężyny i znaku. Poznaliśmy poprzednio ruch wahadłowy, wynikający ze współdziałania ciężkości i bezwładności; obecnie poznajemy ruch wahadłowy, który wytwarzają: sprężystość i bezwładność.



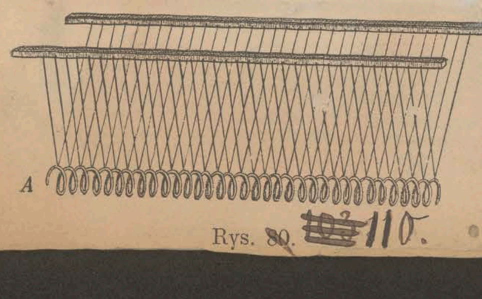
Rys. ~~79~~ 109.

|| 109. √ (пружинку)

Zróbmy teraz podobną, lecz długą sprężynę, ~~do 2 m dł.~~ mającą↑ (Dobrze jest wziąć drut miedziany o grubości 2 *mm*, każdemu skrętowi dać około 7 *cm* średnicy i zrobić około 70 skrętów na długości 2 *m*). Zawieśmy sprężynę, jak na rys. 110, ~~str. 60.~~ Uderzając koniec *A* młotkiem, ściśniemy naprzód tylko kilka pierwszych skrętów sprężyny; lecz ściśnięcie to ~~udziela się~~ niebawem dalej i biegnie przez sprężynę aż do drugiego jej końca. Powtórzmy to doświadczenie, przyglądając się uważnie którem(u)kolwiek jednemu miejscu sprężyny. Uważana cząstka sprężyny pozostaje w spoczyn-

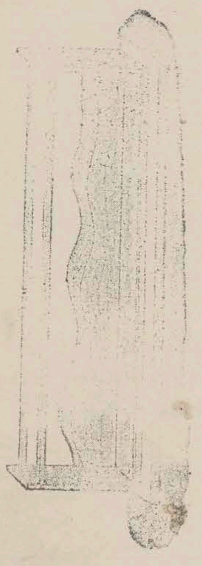
↑ np. około 2 m długości.

|| 110-ym.

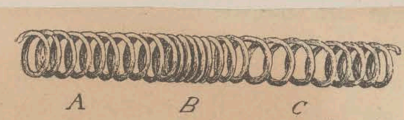


Rys. ~~80~~ ~~103~~ 110.





ku, dopóki ściśnięcie do niej nie doszło; gdy doszło, ściska się raptownie, następnie zaś powraca do zwykłej postaci, przekazując ściśnięcie skrętom następnym; same jednak, skoro powróci do zwykłej postaci, nie wydłuża się po za nią, nie rozciąga się, albowiem oddała energię całkowicie skrętom następnym, zużyła ją całkowicie na ściśnięcie następnych. A zatem samo tylko <u>ściśnięcie</u> (стиснення), bez <u>rozciągnięcia</u>, udziela się tu od końca do końca sprężyny. Możemy powiedzieć, że jedno <u>ściśnięcie</u> przebiegło sprężynę. Gdybyśmy, przeciwnie, byli pociągnęli koniec <u>A</u> ku sobie,



Rys. ~~81~~ ~~104~~. 111.

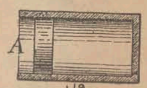
zamiast uderzyć go młotkiem, bylibyśmy rozciągnęli w pierwszej chwili kilka pierwszych skrętów i <u>rozciągnięcie</u> (розтягнення) (bez ściśnięcia) byłoby przebiegło sprężynę. Pociągnijmy prędko scyzorykiem po skrętach sprężyny: jednocześnie ściśniemy kilka skrętów i rozciągniemy kilka następnych, tak iż, jedno za drugiem ściśnięcie (<u>B</u>) i rozciągnięcie (<u>C</u>) przebiegają sprężynę. (Rys. ~~104~~ 111.).

Opisaliśmy przejście jednego ściśnięcia, lub jednego rozciągnięcia, przez całą sprężynę. Wyobraźmy sobie teraz, że, uderzywszy koniec <u>A</u> młotkiem i wytworzywszy tym sposobem ściśnięcie, które przebiega sprężynę, uderzamy koniec <u>A</u> po raz drugi; np. w tej chwili, w której ściśnięcie, wywołane przez pierwsze uderzenie, obejmuje skręt dziewiąty, dziesiąty i jedenasty. Dwa ściśnięcia będą teraz przebiegały sprężynę; drugie będzie biegło za pierwszem w stałym odstępie, wynoszącym około 10 skrętów. Jeśli będziemy dalej uderzali podobnie koniec sprężyny, wywołamy w niej szereg ściśnięć, podążających za sobą; stałym odstępom czasu pomiędzy kolejnemi uderzeniami będą odpowiadały stałe odstępy pomiędzy ściśnięciami, biegnącemi jedno za drugiem. Takie zjawiska nazywamy ~~ogólnie~~ rozchodzeniem się <u>fali ściśnięcia</u> (хвилі стиснення) w sprężynie; jeśli odstęp pomiędzy sąsiedniemi dwoma ściśnięciami jest stały, nazwiemy go wtedy <u>długością</u> tej <u>fali</u> (довжиною хвилі). Zupełnie podobnie <u>fala rozciągnięcia</u> (хвиля розтягнення) będzie przebiegała sprężynę, jeśli będziemy pociągali ku sobie koniec sprężyny w pewnych odstępach czasu; jeżeli będziemy pociągali w odstępach czasu stałych, fala rozciągnięcia, która powstanie w sprężynie, będzie miała pewną określoną <u>długość fali</u>. Nakoniec, możemy też i w następujący sposób pobudzać sprężynę: ściskamy ją u końca, następnie wyciągamy, znowu ściskamy i tak dalej: naprzemian ściskamy

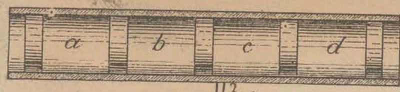
i wyciągamy koniec sprężyny; poruszamy go więc w sposób wahadłowy wzdłuż sprężyny, t.j. w kierunku rozchodzenia się fal, lub (jak się mówi) podłużnie V. Wówczas przez sprężynę pobiegnie szereg ściśnięć i rozciągnięć, jednych V(поздовжно) za drugiemi. Możemy powiedzieć, że w sprężynie rozchodzi się jednocześnie fala ściśnięcia i fala rozciągnięcia; fale takie nazywamy ogólnie falami podłużnemi V. Jeśli chwile największego ucisku a także największego V(хвилі поздовжні) ciągnienia przypadają w równych odstępach czasu, wówczas, jak wiemy, miejsca największego ściśnięcia i największego rozciągnięcia w sprężynie będą odległe o równe odstępy długości, które nazwiemy: długością fali podłużnej V w sprężynie. — V(довжина хвилі поздовжної)

80. ~~§ 62~~ Fala w powietrzu. ~~(Хвилі в воздусі)~~

Powietrze jest również ciałem sprężystem; w powietrzu ściśniętem budzi się siła sprężystości podobnie, jak w sprężynie ściśniętej. Tłok np. *A*, bardzo lekki (rys. ~~81~~ 112.), wepchnięty nagle do rurki, poruszałby się dzięki sprężystości powietrza naprzód i wstecz, podobnie jak znak *A* na sprężynie (rys. ~~77~~ 109.), gdyby nie przeszkadzało mu tarcie o ścianki. ~~Wystawmy~~ Wyobraźmy sobie rurę pełną powietrza i w niej szereg tłoków ruchomych (rys. ~~83~~ 113.). Ściśnięcie powietrza w pierwszej przegródce *a* udzieli się niebawem dalszym przegródkom *b*, *c*, *d* t. j. pobiegnie przez rurę aż do drugiego jej końca, podobnie jak ściśnięcie kilku pierwszych skrętów w sprężynie (rys. ~~80~~ 110.) pobiegło przez nią aż do drugiego



Rys. ~~82~~ 112.



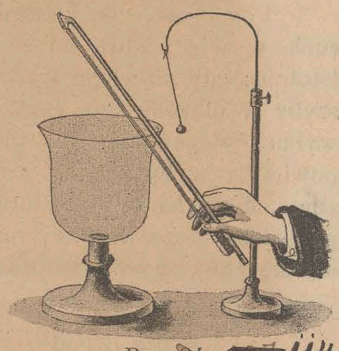
Rys. ~~83~~ 113.

jej końca. Nie możemy tego osiągnąć istotnie w podobnym przyrządzie, z powodu tarcia o ścianki i ~~innych~~ różnych oporów. Ale wyobraźmy sobie, że niema tarcia i oporów; wówczas moglibyśmy nie tylko jedno ściśnięcie albo rozrzedzenie przesłać przez kolumnę powietrza abcd, moglibyśmy wytworzyć w niej falę ściśnięcia, albo falę rozrzedzenia, albo wogóle falę podłużną, złożoną z jednej i z drugiej, podobnie, jak wytwarzaliśmy je w długiej sprężynie. Rozchodzenie się tych fal w kolumnie powietrza byłoby skutkiem dwóch własności powietrza: 1) bezwładności powietrza i 2) sprężystości, okazywanej przez powietrze przy ściskaniu i przy rozrzedzaniu, czyli objętościowej sprężystości albo ściśliwości powietrza (§ 63.). (Еластичність об'єму або стискальність воздуха)

Takie właśnie fale podłużne biegną zawsze przez otwarte powietrze, pomimo, iż nie jest ono ujęte w żadne stałe przegrody, ile razy w niem rozchodzi się głos (голос)

§ ~~63~~ 81. Powstawanie głosu.

Uderzmy brzeg dzwonu lub pociągnijmy po nim smyczkiem; słyszymy *głos*. Zkąd głos powstaje? Możemy łatwo dowieść, że dzwon *drga*, dopóki głos się rozlega. Czujemy drganie dzwonu, dotykając go ostrożnie palcem lub ustami; jeśli dotkniemy za mocno, stłumimy drganie i zaraz też umilknie głos, który słyszymy. Zbliżajmy lekkie wahadełko (rys. 114.) do dzwonu, wydającego głos; będzie ono odskakiwało, potrącane raz wraz przez drgający dzwon. Struna dźwięcząca podrzuca lekkie skrawki papieru czyli »koniki«, które pozawieszaliśmy na niej; wygląda też jak gdyby grubsza, dopóki wydaje głos. Widzimy więc, że *każde ciało drga, gdy wydaje głos*.



Rys. ~~84~~ 114.

§ ~~64~~ 82. Głos rozchodzi się w powietrzu.

Jeśli drgający dzwon znajduje przed sobą palec, uderza o palec; jeśli spotyka wahadełko, uderza o wahadełko; a że zazwyczaj znajduje przed sobą powietrze, więc uderza o powietrze t. j. ściska czyli zgęszcza pierwszą, przylegającą ~~doń~~ warstwę powietrza. To ściśnięcie czyli zgęszczenie udziela się dalej, jak w sprężynie (rys. 110.), jak w rurce *abcd* (rys. 113.) i tym sposobem w powietrzu rozchodzi się ~~*fala zgęszczenia*~~ pierwsze zgęszczenie. Ale tymczasem dzwon, odbywając drugą część drgania, poczyna się cofać i pociągać za sobą czyli rozrzedzać pierwszą, przylegającą ~~doń~~ warstwę powietrza; tym sposobem w powietrzu rozchodzi się pierwsze ~~*fala*~~ *rozrzedzenie*, które biegnie tuż zaraz za pierwszem zgęszczeniem, podobnie jak biegło za niem w sprężynie, w której rozchodzi się fala (§ 79.). Dzwon jednak, ukończywszy pierwsze wahnięcie, rozpoczyna drugie, przez co poczyna znów zgęszczać warstwę przylegającego powietrza t. j. wysyła „drugie zgęszczenie". Zupełnie podobnie wyśle następnie „drugie rozrzedzenie", następnie „trzecie zgęszczenie", „trzecie rozrzedzenie" i t. d. i t. d. Od dzwonu pobiegnie więc w każdym kierunku fala podłużna w powietrzu, złożona ze zgęszczeń i rozrzedzeń, kolejno za sobą idących; że zaś taka fala pobiegnie w każdym kierunku, utworzy się więc fala kulista, w której postępujące zgęszczenia i rozrzedzenia mają kształt powierzchni kulistych; podobnie, jak ~~wstrząśnienia~~ na powierzchni wody wstrząśnienia rozbiegają się w postaci kręgów czyli kół.

Gdy fala, biegnąca w powietrzu, dojdzie naszych uszu (lub dokładniej nerwu naszego słuchowego), wówczas słyszymy głos. Istotnie też nie słyszymy wcale głosu dzwonka, zawieszonego wewnątrz bani szklanej, jeśli z tej bani wyciągniemy powietrze. Zatem powiadamy: gdy słyszymy głos, wtedy odbywa się poza obrębem naszej osoby tylko *ruch* pewnego rodzaju, mianowicie *falowanie powietrza*. Głos, który słyszymy, jest naszem *wrażeniem*, wywołanem przez to falowanie, podobnie jak ból, którego doznajemy, gdy ktoś uderzył nas laską, jest naszem wrażeniem, wywołanem przez ruch laski i jej uderzenie.

Powietrze, w którem rozchodzi się głos, odbywa pewien ruch a więc musi mieć dzięki temu pewną *energią* ~~(§ 23.)~~. Istotnie: gdy strzelają z armat lub gdy rozlega się huczna muzyka, szyby w oknach drżą czyli »dzwonią«. Skutkiem bardzo potężnych wybuchów powstaje huk tak straszny, że pod naciskiem falującego powietrza szyby pękają, ściany się załamują a ucho ludzkie, jeśli znajdzie się na drodze, łatwo może uledz uszkodzeniu. Falowanie powietrza może więc wykonać pracę; powietrze, w którem rozchodzi się głos, ma ~~dzięki~~ temu samem pewną energią. Powiadamy, że głos

89

96

jest słaby albo cichy (сладкий, тихий), jeśli falowanie roznoszącego go powietrza posiada energię nieznaczną; jeśli przeciwnie energia falowania jest znaczna, mówimy, że głos jest mocny, głośny, donośny (сильный, могучий). Od energii falowania zależy więc własność głosu, zwana natężeniem (сила)

§ ~~65~~ 83. Prędkość rozchodzenia się głosu

(скорость ~~звука~~ розходження звуку)

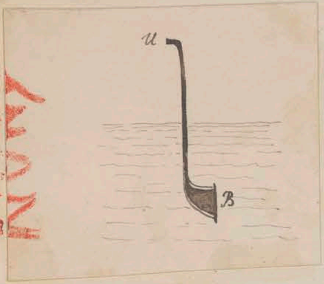
W zwykłem powietrzu fale rozchodzą się z prędkością 340 *m* na sekundę. To znaczy, że ~~kiedy~~ jeżeli powietrze pocznie falować w jakiemkolwiek miejscu, wówczas faluje ono o 340 *m* dalej od tego miejsca po upływie jednej sekundy. A zatem i głos w zwykłem powietrzu rozchodzi się z prędkością (скорість) 340 *m* na sekundę. Niechaj jedna osoba *A* stanie w widnem miejscu, np. na małem wzniesieniu; druga osoba *B* niechaj oddali się od niej o 340 metrów. Przypuśćmy, że *A* uderza młotem w dzwon lub też rąbie drzewo, podnosząc za każdym razem młot czy siekierę wysoko do góry; *B* zobaczy wówczas ruch ręki o całą sekundę wcześniej, zanim usłyszy głos, powstający z uderzenia. Jeszcze lepiej ~~będzie~~ byłoby strzelić z pistoletu w porze nocnej; błysk wystrzału dobiega wcześniej, niż huk; pochodzi to ztąd, iż światło biegnie nadzwyczajnie, niezmiernie szybko (zob. rozdz. VI.), głos zaś biegnie z prędkością 340 *m* na sekundę. Zapomocą takich doświadczeń uczeni wymierzyli dokładnie prędkość rozchodzenia się głosu. Gdy piorun uderza, spostrzegamy błyskawicę prawie natychmiast po uderzeniu, grzmot zaś zazwyczaj słyszymy dopiero o parę sekund później; albowiem, jeśli ~~bowiem~~ uderzenie nastąpiło np. w odległości 1 *km* od nas, głos zużywa blizko 3 sekundy na przebieżenie w powietrzu tej odległości.

Jeszcze raz tu widzimy, że rozchodzenie się głosu polega na rozchodzeniu się pewnego wstrząśnienia w powietrzu a nie na rozchodzeniu się samego powietrza. Gdy strzelimy z armaty ~~działa~~, głos czyli wstrząśnienie powietrza znajduje się już w odległości 340 *m* od miejsca wystrzału ~~o 340 *m* od działa~~ po upływie sekundy; tymczasem dym, wyrzucony z armaty, znajduje się, po upływie sekundy ~~wówczas~~ w odległości zaledwie kilku metrów od wylotu działa ~~niej~~. Wyobraźmy ~~Wystawmy~~ sobie bardzo gęsty tłum ludzi; posłaniec zdoła z trudnością tylko i powoli poruszać się naprzód w tym tłumie; tymczasem list, podawany z rąk do rąk, albo wiadomość, podawana z ust do ust, biegnie w nim z wielką prędkością. Podobnie pewna ilość powietrza lub dymu przeciska się z trudnością i stosunkowo powoli przez otaczające powietrze; ale wstrząśnienie powietrza, podawane z warstw do warstw, rozbiega się w niem z ogromną prędkością.

§ ~~66~~ 84. Rozchodzenie się głosu w ciałach stałych i ciekłych.

(Розходження ~~звуку~~ в тілах ~~твердих~~ і ~~рідких~~)

Fala podłużna może biedz przez każde ciało sprężyste a zatem i głos może rozchodzić się w każdem ciele sprężystem. Połóżmy np. zegarek na końcu długiego stołu; nie słyszymy chodu zegarka przez powietrze, tymczasem, przyłożywszy ucho do drugiego końca stołu, słyszymy go wyraźnie. Połączmy dwa lekkie pudełka drewniane zapomocą sznurka. Niechaj ktoś z jednego pudełkiem [illegible] iegłość kilku lub kilkuna[illegible] metrów, aż się szn[illegible] chaj mówi do pudełka, nie podnosząc głosu; nie usłyszymy mowy przez powietrze ale usłyszymy ją, przyłożywszy ucho do drugiego pudełka. Stukanie o słup telegraficzny słychać wyraźnie w słupie sąsiednim; górnicy mogą porozumiewać się ze sobą pukaniem przez ogromne pokłady węgla lub innych minerałów. Głos może również



Rys. 115.

Nowy

rozchodzić się w cieczach. Zanurzywszy duży dzwon metalowy do rzeki lub stawu, uderzajmy go ~~w dzwon ten~~ pod wodą za pomocą stosownego młotka. Można wówczas usłyszeć głos dzwonu, nawet na stosunkowo znacznej odległości, posługując się rurą lejkowatą, jaką wyobraża rys. 115. ~~108.~~ Energia fal głosowych, rozchodzących się w wodzie, udziela się powietrzu, zawartemu w rurze UB, przez pośrednictwo błony sprężystej B, którą otwór B jest mocno obwiązany; do drugiego otworu U przykładamy ucho. Wyobraźmy sobie, że wykonano to doświadczenie w sposób następujący. Młotek, uderzający o dzwon, jest tak urządzony, że w chwili każdego uderzenia wysyła jakikolwiek sygnał świetlny, np. zapala nieco prochu i sprawia tym sposobem krótki i nagły błysk za każdem uderzeniem. Słuchając (za pomocą rury UB) bicia dzwonu przez wodę, możemy wówczas jednocześnie widzieć sygnały, dawane przez młotek w chwilach kolejnych uderzeń. Przypuśćmy, że odległość pomiędzy dzwonem a rurą UB ~~na~~ w linii prostej wynosi 340 m. Przekonalibyśmy się wówczas, że głos dzwonu dochodzi nas już po upływie mniej niż ćwierci sekundy. A zatem głos biegnie w wodzie przeszło 4 razy prędzej niż w powietrzu. W żelazie głos biegnie 15 razy prędzej niż w powietrzu; w drzewie biegnie około 18 razy prędzej niż w powietrzu, rozchodzi się więc w drzewie z ogromną prędkością około 6000 m na sekundę.

Dlaczego głos rozchodzi się w wodzie z inną prędkością niż w powietrzu? Rozchodzenie się głosu w jakiemkolwiek ciele jest istotnie rozchodzeniem się w niem fali podłużnej; fala zaś podłużna w danem ciele posuwa się tem łatwiej, im większą sprężystość okazuje to ciało przy zmianach objętości, t. j. im ~~trudniej~~ mniej jest ściśliwe; ~~zaś~~ lecz zarazem tem trudniej, im większą masę fala ma do poruszenia, t. j. im większa jest gęstość ciała. Woda ma większą gęstość, niż powietrze; a zatem z tego względu głos powinienby rozchodzić się powolniej w wodzie, niż w powietrzu. Ale woda ma też nieporównanie większą sprężystość objętości, niż powietrze; woda jest nieporównanie trudniej ściśliwa (§ 63.); ten wpływ, ułatwiający bieg fali podłużnej, przeważa znacznie nad przeciwnym wpływem większej gęstości i sprawia ostatecznie, że głos w wodzie biegnie prędzej, niż w powietrzu. To samo, ~~tem~~ w wyższym stopniu ~~jeszcze~~, można powiedzieć o żelazie i drzewie.

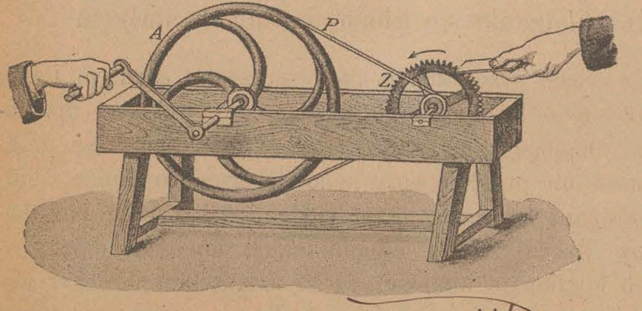
§ ~~87~~ 85.) Odgłos. (~~Відгук~~ відгомін)

Umocujmy jeden koniec długiej sprężyny (rys. 80.) zupełnie stale, przytwierdźmy go np. do ściany i spróbujmy z drugiego końca wzbudzić w sprężynie falę. Fala powstaje, przebiega sprężynę, lecz, gdy dojdzie do ściany, zawraca ~~się~~ i biegnie po sprężynie napowrót. Jak piłka, rzucona o ścianę, odskakuje i biegnie napowrót, tak fala w sprężynie cofa się od ściany napowrót; powiadamy, że fala *odbija się* od ściany. Podobnie mogą odbijać się fale w powietrzu; ściany budynków, skały w dolinie, brzegi gęstego lasu odbijają fale w powietrzu i dlatego odsyłają głos. Powierzchnia wody odbija również głos; na jeziorze lub stawie słychać mowę lub śpiew dalej niż na lądzie. Ciała porowate, jak tkaniny, kobierce i t.p. tłumią głos, ponieważ odbierają energię falowania powietrzu, które obficie w sobie zawierają, a nie są same dość sprężyste, żeby nowe fale wysyłać. ~~w powietrze~~.

Głos przebiega w powietrzu 340 m w ciągu sekundy. Przypuśćmy, że stoimy przed ścianą odbijającą głos doskonale, w odległości (dajmy na to) 3 m od niej. Jeśli wymówimy np. ~~literę~~ a, głos, który wydaliśmy, pobiegnie ku ścianie, odbije się i powróci do nas w ciągu $\frac{1}{57}$-ej części sekundy; albowiem tyle czasu potrzeba fali do przebycia 6 m w powietrzu. Ale samo wymówienie ~~litery~~ a trwa dłużej niż $\frac{1}{57}$-mą część sekundy; wymówienie ~~litery~~ a trwa od $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{10}$ części sekundy mniej więcej. A zatem odbijanie się głosu od ściany bliżej może wzmacniać lub nieco przedłużać brzmienia, lecz nie wytworzy echa lub odgłosu (відголос, луна) czyli głosu wyraźnego, odosobnionego, powstającego przez odbicie. Echo powstaje, kiedy głos odbity powraca do miejsca wydania nie tylko po rzeczywistem skończeniu się pierwszego głosu, ale i po przebrzmieniu go w uchu.

§ ~~58~~ 86. Głos urwany, głos ciągły. (Голос уривчастий, голос тяглий)

Jeśli uderzymy laską o podłogę, powstaje głos krótki, urwany, który nazywamy stuknięciem. Przypuśćmy, że stukamy laską raz po raz, np. trzy razy w ciągu każdej sekundy; słyszymy wówczas wyraźnie każde uderzenie z osobna. Próbujmy teraz stukać coraz prędzej; wówczas jest nieco trudniej pochwycić każde uderzenie z osobna. Poręcze na moście lub na schodach składają się często z gęstego szeregu prętów żelaznych; biegnijmy wzdłuż takiej poręczy i prowadźmy po niej koniec naszej laski. Uderzenia następują tak szybko po sobie, że nie odróżniamy już każdego z osobna, lecz słyszymy *głos ciągły*. Doświadczenie to wykonamy lepiej przy pomocy koła zębatego *Z* (rys. ~~85~~); można obracać je bardzo prędko, poruszając koło *A*, które przenosi ruch na koło *Z* przy pomocy pasa *P*. Przyłóżmy metalową blaszkę lub kartę tektury do zębów koła *Z*;



Rys. ~~85~~ ~~109~~ 116.

H ~~109~~ 116.

każdy ząb, przechodząc, będzie ją uderzał. Obracając powoli, słyszymy każde uderzenie z osobna; obracając prędzej, słyszymy głos ciągły, w którym rozpoznać przerw nie jesteśmy w stanie. Przypuśćmy, że na kole *Z* znajduje się 60 zębów. Jeśli obracamy tak powoli, że koło to wykonywa / obrót w ciągu dwóch sekund, wówczas karta otrzymuje 30 uderzeń w ciągu sekundy. Przekonamy się, że to jest mniej więcej granica, gdzie pojedyncze uderzenia łączą się w głos ciągły: obracając L wolniej, słyszymy urwane głosy kolejnych uderzeń; obracając prędzej, słyszymy głos ciągły, bez przerw, czyli jednolity.

/ jeden

L po =

§ ~~69~~ 87. Dźwięk; wysokość dźwięku. V

~~(zbyk, bucoma zbyka)~~

Jeśli zęby na kole *Z* / są równe i jeśli obracamy koło jednostajnie, wówczas kolejne uderzenia nie łączą się w bezładny hałas i brzękanie, lecz tworzą *dźwięk* V czyli głos równy, stały; taki głos wydają też instrumenta muzyczne, taki wydajemy, śpiewając lub wymawiając samogłoski. A zatem dźwięki różnią się od innych głosów tem, że powstają z wstrząśnień równych i regularnych, t. j. powtarzających się w równych odstępach czasu.

/ (rys. 116.)

V (zbyk)

Niechaj koło *Z* (rys. ~~85~~.) ma 60 równych zębów. Obracajmy je tak, ażeby jeden obrót jego trwał mniej więcej sekundę. Usłyszymy wówczas dźwięk *nizki*, jaki wydają np. Γ organy, lub bas w orkiestrze. Obracajmy przeciwnie koło *Z* bardzo prędko, ażeby dokonywało np. 50, 60 lub 70 obrotów na sekundę; usłyszymy wówczas dźwięk ostry, *wysoki*. ~~jaki np. wydają~~ S krzypce Γ na najcieńszej strunie, L Fortepian po lewym końcu klawiatury wydaje dźwięki nizkie, a po prawym — wysokie. Dorosły mężczyzna mówi głosem nizkim, a dziecko — wysokim. Gdy jeden obrót koła *Z* trwał sekundę, głos powstawał z 60 uderzeń na sekundę; gdy zaś na sekundę przypadało 50, 60 lub 70 obrotów, głos powstawał z 3000, 3600 lub 4200 uderzeń na sekundę. Powiadamy zatem: kilkadziesiąt wstrząśnień na sekundę daje dźwięk nizki, a kilka tysięcy wstrząśnień na sekundę daje dźwięk wysoki.

L 116.) ~~109~~.)

Γ zazwyczaj

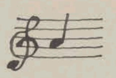
Γ wydają dźwięki wysokie

L dźwięki zaś nizkie na grubej.

Przypuśćmy, że mamy pewien dźwięk, np. złożony z 240 uderzeń na sekundę. W takim razie dźwięk, powstający z 480 uderzeń na sekundę, choć jest wyższy od pierwszego, ma przecież jakieś szczególne do niego podobieństwo, które słuch wprawny natychmiast poznaje. Mówi się w muzyce, że dźwięk taki jest *wyższą oktawą* pierwszego; że pierwszy na odwrót jest niższą oktawą drugiego.

Jak powiedzieliśmy, głosy nagłe i urwane (te np., do których stosujemy nazwy: „brzęk", „trzask", „puk", ~~„stuk"~~, „huk") powstają z uderzeń krótkich i nieregularnych. Pamiętając więc o tem, co powiedzieliśmy w § 82-im, ~~tworzenia się fal~~, widzimy, że, gdy takie głosy rozchodzą się np. ~~przez~~ w powietrzu, wówczas w powietrzu niema właściwej regularnej fali o pewnej określonej długości fali, jest tylko gromada ściśnień i rozrzedzeń, bezładnie biegnących. Dźwięki przeciwnie powstają z uderzeń regularnych i jednostajnych, a zatem dźwiękom odpowiadają fale prawidłowe, o długości fali doskonale określonej.

Uważajmy pewien dźwięk dokładnie określony; np. ten, który powstaje z 435 równych i regularnych uderzeń na sekundę. (Jest to tak zwany ton

normalny, (тон нормальный) (oznaczany literą a' w muzyce, albo znakiem  w piśmie nutowem). Przypuśćmy, że dźwięk ten wydaje struna np. skrzypiec lub fortepianu. Powiadamy, że struna udziela wówczas otaczającemu powietrzu 435 uderzeń w ciągu każdej sekundy. A zatem odstęp czasu, jaki upływa pomiędzy kolejnemi chwilami największego zgęszczenia, albo największego rozrzedzenia powietrza przez strunę, wynosi wówczas $\frac{1}{435}$ część sekundy. W powietrzu, pod wpływem tych uderzeń struny, wytwarza się regularna fala podłużna; jaka będzie długość tej fali? Według §§. 76 i 79. długość ta wyniesie tyle, ile przebiega głos w powietrzu ~~ubiega~~ w ciągu $\frac{1}{435}$-ej części sekundy. Ale głos w powietrzu przebiega 340 m w ciągu jednej sekundy, zatem przebiega $\frac{340}{435}$ m czyli około 78 cm w ciągu $\frac{1}{435}$-ej części sekundy. Powiadamy więc, że długość fali, odpowiadającej dźwiękowi a', wynosi w powietrzu około 78 cm. Dźwiękom wyższym od a' będą odpowiadały oczywiście długości fal krótsze, dźwiękom niższym — długości fal dłuższe. Wyższej oktawie dźwięku a' będzie odpowiadała długość fali, wynosząca (około) $\frac{78}{2}$ czyli 39 cm.

Rozdział IV

Ostatni §: 123.

Ostatni Rys.: 136.

ROZDZIAŁ CZWARTY.

O cieple.

88. § Ciała zimne, ciała gorące.

Gdy włożymy rękę w śnieg, czujemy zimno; gdy trzymamy ją nad płomieniem, czujemy gorąco. Jeżeli włożymy kawałek żelaza w śnieg albo w płomień, możemy być pewni, że żelazo doznaje tam także pewnego działania, albowiem ulega pewnym zmianom, nabiera nowych własności; np. w płomieniu staje się samo gorące, poczyna być czerwone lub białe, wreszcie świeci w ciemności. Podobnie woda w naczyniu, wstawiona do płomienia, staje się gorąca a kiedy stanie się bardzo gorąca, zaczyna się gotować czyli *wrzeć*. Stając się przeciwnie bardzo zimną, woda *zamarza* t. j. zamienia się w lód. Wosk ogrzewany topi się; papier ogrzewany zwęgla się lub też się zapala. A zatem ciała, sprawiające na nas wrażenie zimna lub gorąca, *działają nie tylko na nas*, lecz też i na inne ciała, mianowicie oziębiają je, ogrzewają je i sprawiają w nich zmiany rozmaite.

Poznajmy dokładniej, w jaki sposób ciała gorące ogrzewają. Nalejmy do szklanki chłodnej wody i włóżmy do niej gorący kawałek żelaza; po chwili woda jest letnia lub ciepła, lecz i żelazo jest także letnie lub ciepłe; a zatem woda się ogrzała, lecz żelazo ostygło. Podobnie piec napalony ostyga powoli w pokoju a jednocześnie powietrze w pokoju ogrzewa się. *Ciała gorące, ogrzewając inne ciała, same stygną.* Dlaczego nie widzimy, aby płomień ostygał, gdy grzeje? ponieważ w płomieniu palą się coraz nowe ilości płonącego ciała (dlatego świeca i nafta w lampie się wypala), przez co w płomieniu tworzy się coraz nowe gorąco. Podobnie ciała zimne, oziębiając, ogrzewają się same. Jeżeli wlejemy wosk roztopiony do wody lodowatej, zobaczymy, że woda oziębia go bardzo znacznie (tak, iż wosk krzepnie natychmiast) ale sama staje się przytem mniej zimna.

89. § Ciepło.

Ogrzewajmy płomieniem wodę lodowatą, do której włożyliśmy rękę. Woda staje się stopniowo coraz mniej zimna; po niejakim czasie już nie wydaje się zimna, ale jeszcze nie jest gorąca; później zaczyna być letnia, ciepła, nareszcie gorąca. Zatem widzimy, że *zimno* nie jest czemś różnem i odrębnem od *gorąca*. Woda, która ma w sobie mało ciepła, jest zimna; woda, która ma dużo ciepła, jest gorąca. Przez *doprowadzanie* ciepła (z płomienia) zamieniliśmy wodę bardzo zimną na mniej zimną. Kiedy doprowadziliśmy jej dość ciepła, wydała się ręce obojętną t. j. ani zimną, ani gorącą; wówczas woda była równie ciepła jak ręka. Kiedy doprowadziliśmy jeszcze więcej ciepła, woda była cieplejsza od ręki i wydawała się gorącą. Zatem np. chłodna woda wydaje się chłodną dlatego, że jest mniej ciepła od ręki.

(kipieć). jak śnieg, albo płomień, inne ciała. podobnie, też, w sobie, A cap.

istotnie: potrzymajmy rękę najprzód w wodzie lodowatej a zobaczymy, że tasama woda, która wydawała się chłodną, sprawi teraz wrażenie ciepłej. Przeciwnie, potrzymajmy rękę najprzód w wodzie gorącej a przekonamy się, że tasama woda wyda się zimną. Nie należy więc wogóle mówić, że jakieś ciało jest zimne lub że jest gorące; lecz raczej, że jest *mniej ciepłe lub bardziej ciepłe* np. *od ręki*.

Zróbmy następujące *porównanie*. Uważajmy wysokość różnych przedmiotów w pokoju. Mówi się o przedmiotach, umieszczonych niedaleko sufitu, że ~~są~~ znajdują się »wysoko«; o przedmiotach zaś, leżących ~~na~~ blisko podłogi, mówi się, że położone są »nizko«. Nie jest to ścisły sposób wyrażania się. Sufit pokoju znajduje się dla nas „wysoko," jednocześnie zaś dla kogoś, mieszkającego o piętro wyżej, położony jest „nizko". Zatem ściślej byłoby mówić, że niektóre przedmioty w pokoju są położone wyżej od nas (np. od naszej ręki lub głowy), że inne są ~~zaś są~~ położone *niżej*. Podobnie nieściśle jest mówić, że jedne ciała są »gorące« a inne są »zimne«; należy mówić, że pierwsze są *bardziej ciepłe* a drugie *mniej ciepłe* od naszego ciała, np. od ręki lub czoła.

§ ~~72~~ 90. O temperaturze ~~(Пдо темпєратуры)~~

Jeszcze lepiej byłoby powiedzieć w poprzedzającym przykładzie, że każdy przedmiot ma pewne *wzniesienie*. Lampa, wisząca u sufitu, jest bardziej wzniesiona, niż jeśli stoi na stole; piłka, rzucona do góry, jest bardziej wzniesiona, niż kiedy leży na podłodze. Podobnie mówimy, że każde ciało ma pewną *temperaturę*. Ciała gorące mają temperaturę *wyższą*, niż ciała dla ręki obojętne; ciała zimne mają temperaturę *niższą*. A zatem możemy tak opowiedzieć zachowanie się gorącego żelaza wobec wody chłodnej (§ ~~71~~ 88.): temperatura żelaza z początku była wyższa niż temperatura wody; po włożeniu żelaza do wody temperatura żelaza poczęła się obniżać, temperatura wody poczęła się podnosić i po pewnym czasie temperatury tych ciał stały się jednakowe, *wyrównały się*. Powiadamy: ciała, mające temperaturę wyższą, udzielają ciepła ciałom, mającym temperaturę niższą; przez to temperatura pierwszych się obniża, drugich się podnosi; gdy zaś ciała mają temperatury jednakowe, ani nie udzielają sobie ani nie odbierają sobie ciepła nawzajem. A zatem *temperatura pewnego ciała jest to własność tego ciała, wskazująca, czy ono innym ciałom ciepła udziela, czy ~~też~~ je im odbiera,* czy też nareszcie wobec innych ciał zachowuje się obojętnie, nie udzielając i nie odbierając im ciepła.

§ ~~73~~ 91. Zero temperatur.

Możemy nie tylko to stwierdzić, że jedne ciała w pokoju mają wzniesienie większe, niż inne; możemy *zmierzyć* wzniesienie każdego ciała w pokoju. Żeby mierzyć wzniesienia, należy zgodzić się na to, od jakiego poziomu mamy je liczyć. Lampa, wzniesiona o metr nad poziom stołu, może być wzniesiona o dwa metry nad poziom podłogi a jednocześnie o sześć metrów np. nad poziom ulicy; zatem podanie samego tylko wzniesienia, bez podania poziomu, od którego je liczymy, nie miałoby określonego znaczenia. Podobnie można nie tylko to stwierdzić, że temperatury jednych ciał są wyższe, niż innych, można jeszcze temperatury te *mierzyć*; lecz trzeba powiedzieć, od jakiego „poziomu" mamy rachować temperatury.

W pokoju możemy obrać podłogę za poziom, od którego rachujemy wzniesienia; jest to poziom najniższy, pod który nie można zejść w pokoju. Obierzmy *temperaturę topiącego się lodu* (тэмпэратура таянь лёду) za poziom temperatur, od którego będziemy rachowali temperatury; innemi słowy temperaturę, jaką ma mięszanina lodu lub śniegu i wody. W pokoju nie możemy zejść poniżej podłogi, ale wiemy, że są ciała, które znajdują się niżej. Podobnie zazwyczaj mamy do czynienia z temperaturami wyższemi, niż temperatura topiącego się lodu; ale wiemy, że istnieją temperatury, niższe od tego poziomu (§ ~~82~~.).

Ц 100.

Ażeby zmierzyć wzniesienie lampy lub obrazu na ścianie lub poziomu stołu po nad podłogą, ustawilibyśmy skalę tak, ażeby zaczynała się od podłogi i szukalibyśmy, jakiej podziałce odpowiada środek lampy, wierzch obrazu, lub powierzchnia stołu. A zatem umieścilibyśmy zawsze *zero* naszej skali na poziomie, od którego rachujemy wzniesienia. Dlatego nazwalibyśmy podłogę »poziomem zero« albo »zerem skali wzniesień«. Podobnie nazywamy temperaturę topiącego się lodu *temperaturą zero* albo *zerem skali temperatur.*

§92. O mierzeniu temperatur (~~Про помір тэмпэратур~~)

Przypuśćmy, że obraliśmy poziom podłogi za „poziom zero"; cóż dalej czynimy, chcąc mierzyć wzniesienia przedmiotów w pokoju? Posługujemy się *skalą*, wskazującą np. centymetry. Zastanówmy się, czem jest skala? czem określone są położenia przedziałek na skali? Oczywiście, trzeba wiedzieć, gdzie się przedziałki na skali zaczynają (t. j. ustanowić jej „zero"); dalej trzeba wiedzieć, jak *długie* mają być podziałki, więc gdzie ma kończyć się pierwsza, dziesiąta, albo setna. Trzeba obrać nietylko zero, ale jeszcze i inny jakikolwiek punkt czyli poziom na skali. Skala służy do *porównywania* wzniesień przedmiotów w pokoju ze wzniesieniem przedziałki np. „100" na skali po nad przedziałką „0"; a także *porównywanie*, jak wiemy, jest właściwie *mierzeniem* (помір ом.)

przedzi…

Zupełnie podobnie postępujemy w celu mierzenia temperatur. Obraliśmy już „zero" temperatur; musimy obrać jeszcze drugą temperaturę, leżącą wyżej od zera i nazwać ją np. temperaturą „sto". Umówmy się, że *temperatura wody wrzącej* ma nazywać się temperaturą „100". To jednak nie jest dostateczne. Musimy powiedzieć, w jaki sposób mamy podzielić odstęp między temperaturami *zero* i *sto* na sto jednakowych odstępów czyli *stopni;* w jaki sposób mamy rachować temperatury na stopnie, pomiędzy zerem a stu a także poniżej zera i powyżej stu.

Ażeby módz to powiedzieć, musimy poznać niektóre skutki, sprawiane przez ogrzewanie i przez oziębianie ciał.

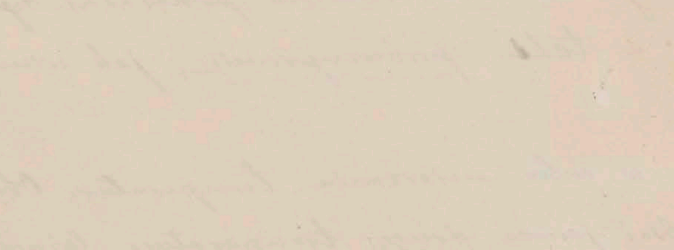
S 117.

§ ~~75~~ 93. Masa nie zależy od temperatury. (~~Маса не залежыць ад тэмпэратуры~~).

Urządźmy dwa pudełka tak, ażeby jedno mogło pomieścić się wewnątrz drugiego, jak okazuje rys. ~~86~~. Wypełnijmy odstępy pomiędzy ściankami pudełek trocinami, watą lub azbestem; w środku wewnętrznego pudełka zawieśmy kulkę metalową. Cały ten przyrząd postawmy na wadze i zrównoważmy go dokładnie. Wyjąwszy teraz kulę i rozgrzawszy ją mocno w płomieniu, zawieśmy ją w wewnętrznem pudełku; kula będzie tam stygła, ale nadzwyczaj powoli, tak iż przez długi czas pozostanie gorąca. Stawiając przyrząd na wadze, przekonywamy się, że kula nie straciła ani nie zyskała na ciężarze. Jakkolwiek dokładnie wykonalibyśmy to doświadczenie, nie zauważylibyśmy zmiany w ciężarze ciała, wywołanej przez ogrzanie lub przez oziębienie. *Ciężar ciał nie zależy*



Rys. ~~86~~ 117.



Rys. 88.

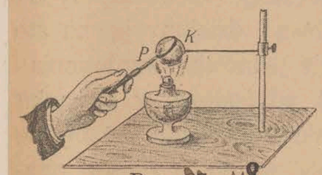
jednym końcu ciężarem P; pod drugi jej koniec podkładamy igłę tak, ażeby leżała wpoprzek sztaby i przylepiamy lekką wskazówkę E do uszka tej igły. Sztabka, ogrzewana, rozszerza się, więc porusza igłę i odchyla wskazówkę E. Przypuśćmy, że przed zapaleniem płomieni wskazówka stała pionowo; po zapaleniu zaczyna się zaraz odchylać, lecz po zgaszeniu zawraca i przybiera napowrót

od ich temperatury. Masa ciał nie zależy również od ich temperatury: ciała gorące spa= dają na ziemię równie prędko, jak zimne (por. § 26.); uderzenie młotem rozgrzanym nie sprawia skutku ani większego ani mniejszego, niż uderzenie młotem o zwykłej temperaturze.

105

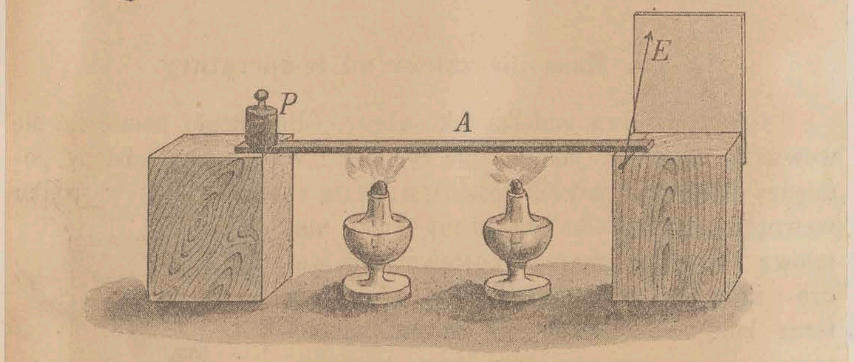
§ 70. Objętość zależy od temperatury.

Na deseczce drewnianej połóżmy mosiężną lub miedzianą sztabkę i wbijmy u jej końców dwa gwoździe tak, żeby zaledwie można było przesunąć sztabkę pomiędzy tymi gwoździami. Ogrzejmy teraz sztabkę w płomieniu lampy a zobaczymy, że stała się ona dłuższa, bo nie przechodzi między tymisamymi gwoździami. Podobnie możemy się przekonać, że nie tylko długość, lecz również szerokość i grubość sztabki zwiększa się wskutek ogrzewania.



Rys. 118.

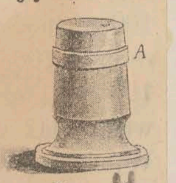
Weźmy pierścień P (rys. 118.), nieco większy od kuli metalowej K; rozgrzawszy kulę, nie możemy *z żadnej strony* przeciągnąć przez nią pierścienia. A zatem *ciała rozszerzają się wskutek ogrzewania we wszystkich kierunkach; wskutek ogrzewania objętość ciał się powiększa.* Zbudujmy przyrząd, przedstawiony na rys. 119. Płaską sztabę żelazną lub miedzianą A przyciskamy na



Rys. 119.

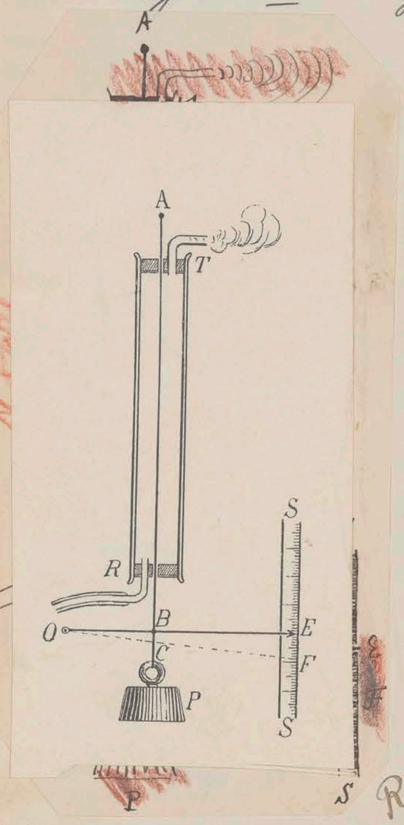
jednym końcu ciężarem P; pod drugi jej koniec podkładamy igłę tak, ażeby leżała wpoprzek sztaby i przylepiamy lekką wskazówkę E do uszka tej igły. Sztaba, ogrzewana, rozszerza się, więc porusza igłę i odchyla wskazówkę E. Przypuśćmy, że przed zapaleniem płomieni wskazówka stała pionowo; po zapaleniu zaczyna się zaraz odchylać, lecz po zgaszeniu zawraca i przybiera napowrót położenie pionowe. Widzimy więc, że ciała, które rozszerzyły się wskutek ogrzania, kurczą się napowrót, gdy ostygają. Gdy temperatura podnosi się, objętość się zwiększa, ale zmniejsza się napowrót, gdy temperatura się zniża i staje się taką, jaką była pierwotnie, gdy temperatura wraca do wysokości pierwotnej. Objętość każdego ciała zależy więc od jego temperatury.

Na walec żelazny nieco stożkowaty (rys. 120.) gruba obręcz żelazna A nie wchodzi, dopóki jest zimna; rozgrzejmy ją do czerwoności a zobaczymy, że wchodzi. Wbijmy ją na walec, dopóki jest gorąca; stygnąc i kurcząc się, obręcz ściska walec tak mocno, że niebawem pęka. Z podobnych powodów druty telegraficzne zwisają podczas lata a prostują się w zimie. Szyny kolejowe, położone zimą, wykrzywiałyby się podczas lata, gdyby nie zostawiano przerwy ~~pomiędzy jedną a drugą~~ (zwykle około $\frac{1}{2}$ cm) pomiędzy każdemi dwiema sąsiedniemi szynami, ażeby temu zapobiedz. ~~Mostów żelaznych nigdy nie przy-~~ mocowuje się w zupełności do podtrzymujących je fundamentów; daje się im swobodę rozszerzania i kurczenia się, sto-



Rys. 120.

sowanie do zmian temperatury. Im most jest dłuższy, tem końce jego odbywają ruch znaczniejszy skutkiem zmian temperatury. Aby to zrozumieć, powtórzmy doświadczenie ze sztabą (ryp. 119.) w sposób zmieniony. Drut AB (ryp. 121.), umocowany w A i wyprężony działaniem ciężaru P, jest otoczony rurą szklaną na całej prawie swojej długości; przez korki R i T drut przechodzi swobodnie. Przepuścimy (zob. § 110.) parę wodną (pochodzącą z kociołka, w którym wre woda) przez rurę szklaną RT; drut rozszerza się, działa na wskazówkę OE, obracającą się na osi O i doprowadza ją ~~do tę wskazówkę~~ do położenia np. OF. Powtórzmy to doświadczenie dwa razy na dwóch drutach rozmaitej długości; zobaczymy, że dłuższy drut rozszerzy się znaczniej. Przyrząd, wyobrażony na ryp. 121., pozwala zmierzyć wydłużenie się drutu, ogrzewanego przez parę; albowiem wydłużenie się to BC jest krótsze od przesunięcia EF tyle razy, ile razy ramię OB wskazówki jest krótsze od ramienia OE. (Na ryp. 121. tym stosunek długości tych ramion jest inny, niż w rzeczywistości.) Przypuśćmy, że drut jest miedziany; że część jego długości, ogrzewana przez parę, wynosi metr; nareszcie, że OB mierzy np. 1 cm., OE zaś 50 cm. Przepuszczając parę, spostrzegamy przesunięcie EF np. 7 cm. Ztąd wynika, że drut miedziany, który ma długość 1 m w temperaturze powietrza pokojowego rozszerza się o 0.14 cm. gdy ogrzewamy go do temperatury „100." Gdybyśmy byli zaczęli od temperatury zero, bylibyśmy spostrzegli nieco większe rozszerzenie się, mianowicie 0.17 cm na metrze początkowej długości. Gdybyśmy teraz wzięli drut miedziany o długości 2 m w temperaturze zero, znaleźlibyśmy rozszerzenie 0.34 cm w temperaturze sto; gdybyśmy wzięli 50 cm w zerze, znaleźlibyśmy rozszerzenie 0.085 cm. w temperaturze sto i t.d. A zatem każdy centymetr drutu rozszerza się przez daną zmianę temperatury o pewną określoną długość, bez względu na to, ile w drucie jest jeszcze innych centymetrów długości. — Krócej: drut miedziany, ogrzany od zera do stu, rozszerza się ~~więc~~ zawsze o $\frac{17}{10000}$ części swej długości pierwotnej; drut żelazny, ogrzany od zera do stu, rozszerza się o $\frac{12}{10000}$, drut srebrny o $\frac{19}{10000}$ części swej długości; pręt szklany w tych samych warunkach rozszerza się tylko o $\frac{8}{10000}$ ~~części~~, cegła tylko o $\frac{5}{10000}$ ~~części~~ swej pierwotnej długości. Widzimy ~~więc~~, że meta-



Ryp. 121.

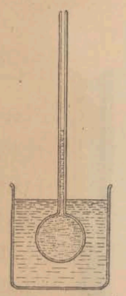
99

107

le rozszerzają się znaczniej skutkiem ogrzewania niż inne ciała stałe. Dlatego też w piecach, w paleniskach i t. d., ruszty, drzwiczki i wszystkie wogóle części metalowe powinny mieć swobodę rozszerzania się; jeżeli jej nie mają, gną się i wykrzywiają albo też części murowane doprowadzają do spękania.

§ 95. Rozszerzanie się cieczy

Weźmy dość spory balon szklany o długiej i cienkiej szyjce i wypełnijmy go alkoholem; żeby widzieć ciecz wyraźnie, można ją zabarwić. Wstawmy balon (rys. [illegible].) do wody gorącej, pilnie zważając na poziom alkoholu w szyjce balonu. Zobaczymy, że w pierwszej chwili poziom alkoholu nieco opada, potem zatrzymuje się i poczyna iść w górę. Czyż alkohol kurczył się pod pierwszem działaniem ciepła? Bynajmniej. Zanim alkohol zaczął się ogrzewać, musiał ogrzać się przedtem balon szklany, który był wystawiony przedewszystkiem na działanie ciepła. Balon zaś, ogrzewając się, rozszerzał się, więc stawał się większym, pojemniejszym; dlatego alkohol musiał opadać. Później, gdy sam alkohol zaczął się ogrzewać, rozszerzył się i powetował z nadwyżką rozszerzenie się balonu. A zatem widzimy, że alkohol rozszerza się, gdy temperatura się podnosi; podobnie zachowują się i inne ciecze. Widzimy powtóre, że ciepło po pewnym czasie dopiero zdołało przeniknąć przez szkło do alkoholu. Zatem, gdy alkohol w szyjce balonu idzie do góry, przyrost objętości, jaki spostrzegamy, równa się rzeczywistemu rozszerzeniu się alkoholu, zmniejszonemu o rozszerzenie się szklanego balonu. Trzeba więc dodać rozszerzenie się balonu do spostrzeżonego przyrostu objętości, ażeby znaleźć rzeczywiste rozszerzenie się cieczy.



Rys.

II 122.

II 122.

Przypuśćmy np., że mamy 100 cm^3 wody o temperaturze 0 stopni (§ [illegible].). Ta sama ilość wody w temperaturze 100 stopni zajmie objętość 104 cm^3. Gdybyśmy mogli ogrzać wodę, ogołoconą z wszelkiego naczynia, przyrost jej objętości wyniósłby 4 części na 100 pomiędzy temperaturami 0 i 100. Gdybyśmy teraz w temperaturze 100 chcieli ścisnąć napowrót wodę do pierwotnej objętości 100 cm^3, musielibyśmy wywrzeć na nią olbrzymie ciśnienie; albowiem, jak wiemy (§ [illegible].), woda jest nadzwyczaj mało ściśliwa. Wyobraźmy sobie, żeśmy wywarli takie olbrzymie ciśnienie i ścisnęli wodę ze 104 do 100 cm^3; wówczas woda ściśnięta wywiera nawzajem równie olbrzymie ciśnienie na tłok i ściany naczynia. Gdybyśmy w temperaturze 0 zamknęli wodę szczelnie w naczyniu (np. gdybyśmy zalutowali rurkę balonu, wypełnionego wodą) i później ogrzewali naczynie, wówczas musiałoby ono pęknąć; albowiem nie byłoby zdolne wytrzymać ciśnienia, jakie sprawia woda, której rozszerzaniu się próbujemy zapobiedz. Zupełnie podobne rozumowanie moglibyśmy zastosować do rozszerzania się ciał stałych, np. do przypadku sztaby żelaznej, którą ogrzewamy; wszakże żelazo jest jeszcze nieporównanie trudniej ściśliwe, niż woda. Ażeby zapobiedz rozszerzaniu się ogrzewanej sztaby lub kurczeniu się oziębiającej sztaby, musielibyśmy zatem wywierać na nią ciśnienia zgoła niezmierne; to tłomaczy nadzwyczajną

II 91

II 49

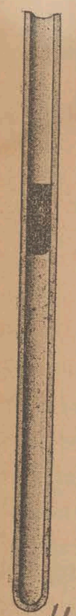
100

108

potęgę skutków, sprawianych przez rozszerzanie i kurczenie się ciał stałych, o której przekonaliśmy się na kilku przykładach w artykule poprzedniem.

96.

§ ~~78.~~ Rozszerzanie się gazów (~~Rozszerzanie się ich bezgłuchwe~~)



Rys. ~~91~~.

Gazy pod działaniem ciepła rozszerzają się bardziej niż ciecze. Weźmy np. rurkę szklaną, z jednej strony zamkniętą (rys. ~~91~~.); wprowadźmy do niej kroplę rtęci, zanurzmy rurkę do topiącego się lodu i ustawmy kroplę tak, ażeby była odległa o 10 *cm* od zamkniętego końca naszej rurki. (Możemy bez trudności posuwać kroplę naprzód i wstecz, jeśli przy pomocy cieniutkiej rureczki lub drucika pozwolimy powietrzu rurki wychodzić i wchodzić). Przenieśmy teraz rurkę do gotującej się wody. Powietrze, zawarte w rurce, zaczyna się natychmiast rozszerzać, kropla posuwa się w rurce i zatrzymuje się w odległości 13·7 *cm* od zamkniętego końca. Powtórzmy teraz tosamo doświadczenie w taki sposób, ażeby kropla w topiącym się lodzie była odległa o 20 *cm* od końca rurki; wówczas w gotującej się wodzie zatrzyma się ona w odległości 27·4 *cm* od końca. Pamiętajmy, że tu na kroplę od strony zewnętrznej działało ciągle atmosferyczne ciśnienie; gdy kropla zatrzymywała się w ~~pewnem~~ miejscu, był to więc znak, że powietrze wewnętrzne wywierało także atmosferyczne ciśnienie. Powiadamy zatem: gdy ogrzewamy gaz i pozwalamy mu rozszerzać się swobodnie tak, ażeby ciśnienie jego ostatecznie nie ulegało zmianie, wówczas objętość gazu się powiększa, mianowicie *z każdego centymetra sześciennego gazu w temperaturze zero ~~robi się~~ 1·37 cm^3 w temperaturze sto. ~~stopni.~~*

Ц ~~#~~ 123.

Ц ~~#~~ 123.

określonem

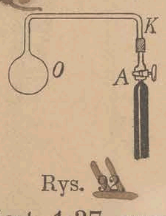
otrzymujemy

Przypuśćmy teraz, że w tej temperaturze stu stopni chcemy ścisnąć każdy 1·37 cm^3 napowrót do objętości 1 cm^3. W tym celu musimy wywrzeć na gaz ciśnienie, większe 1·37 razy od obecnego, t. j. ciśnienie 1·37 atmosfery (§ ~~19~~.); nawzajem też powietrze, po sprowadzeniu do pierwotnej swej objętości, będzie wywierało także ciśnienie 1·37 atmosfery na swoje otoczenie. *Jeśli pewna ilość powietrza (w pewnej objętości) w temperaturze zero wywierała ciśnienie 1 atmosfery, wówczas w tejsamej objętości i w temperaturze sto ~~stopni~~ wywiera ciśnienie 1·37 atmosfery.* Możemy to sprawdzić zapomocą balonu szklanego *O* (rys. ~~92~~.), którego koniec *K* łączymy z lewem ramieniem przyrządu, rys. ~~59~~., § ~~46~~. Wstawmy balon raz do topiącego się lodu, drugi raz do gotującej się wody i podnośmy przytem prawe ramię przyrządu do góry tak, ażeby w obu razach poziom rtęci w lewem ramieniu stał tuż pod kurkiem. Gdy tak postąpimy, przekonamy się, że ciśnienie powietrza w gotującej się wodzie jest 1·37 razy większe, niż w topiącym się lodzie. Np., jeśli w temperaturze zero obadwa poziomy stały jednakowo wysoko, wówczas w temperaturze sto ~~stopni~~ prawy poziom będzie stał wyżej od lewego o 28 blizko centymetrów, bo 76 × 0·37 = 28 mniej więcej. Moglibyśmy też

Ц 66

Ц ~~#~~ 124

Ц 87. П 63.



Rys. ~~92~~.

Ц ~~#~~ 124

w tymsamym przyrządzie prowadzić doświadczenie tak, ażeby ciśnienie powietrza, zamkniętego w kulce O, pozostawało stałe; lecz wówczas objętość tego powietrza musi się zwiększać. Obniżając prawe ramię przyrządu (zob. rys. 124 i 87) ~~(rys. 87.)~~, w miarę

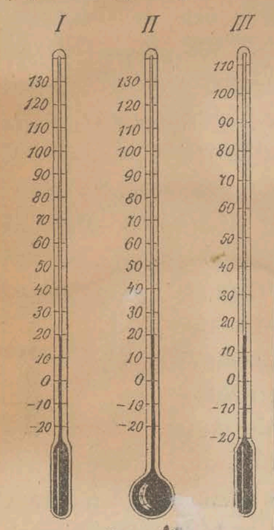
ogrzewania się kulki, tak, aieby poziomy rtęci w obu ramionach stały jednakowo wysoko, sprawimy, że powietrze będzie rozszerzało się, a część jego przyjdzie do lewego ramienia, pod ciśnieniem stałem; Wymierzywszy objętość kuli O wraz z jej rurką, oraz objętość, jaka odpowiada np. centymetrowi długości w lewem ramieniu (pod A), przekonamy się, że z każdego cm³ w temperaturze zero powstaje 1.37 cm³ w temperaturze sto, jak znaleźliśmy wyżej.

Powtórzmy takiesame pomiary, napełniwszy balon O wodorem albo bezwodnikiem węglowym (co można uskutecznić zapomocą pompy rtęciowej, § 67, rys. 93., łącząc, po zrobieniu próżni, kurek E z przyrządem, wytwarzającym badany gaz. Przekonamy się, że wodór i bezwodnik węglowy zachowują się tak, jak powietrze. Jeśli objętość pozostaje stała, ciśnienie ich, z jednej atmosfery w temperaturze zero, staje się równe 1.37 atm. w temperaturze sto. Jeśli ciśnienie pozostaje stałe, objętość od zera do stu wzrasta w stosunku 1 do 1.37. Więc rozszerzalność rozmaitych gazów pod wpływem ogrzania jest jednakowa.

§ 97. Termometry.

Możemy teraz powiedzieć, w jaki sposób mamy podzielić na sto stopni odstęp pomiędzy temperaturami *zero* i *sto* (§ 92.). Weźmy np. balon szklany o długiej, cienkiej szyjce, taki, jakim posługiwaliśmy się już wyżej w § 95. (rys. 122.). Napełnijmy go oliwą, albo gliceryną, albo kwasem siarkowym, albo wreszcie wodą, w której rozpuściliśmy znaczną ilość salmiaku, soli kuchennej lub innej jakiej soli. Dla wyrazistości doświadczenia można ciecz dowolnie zabarwić. Wstawmy tak napełniony balon do topiącego się lodu; ciecz staje w rurce na pewnym poziomie „*0*“. W temperaturze wody wrącej staje ona podobnie na pewnym, wyższym od poprzedniego, poziomie „*100*“. Pomiędzy pierwszym a drugim poziomem mamy w rurce pewną objętość; tę objętość podzielmy na sto części. Otrzymamy tym sposobem podziałki 0, 1, 2, 3, ... nareszcie 99 i 100. Powiemy, że ciecz ma temperaturę np. 23-ch stopni, jeśli stoi ona w rurce na podziałce 23, t. j. jeśli objętość cieczy jest większa od objętości jej przy zerze o $\frac{23}{100}$ całkowitego rozszerzenia od zera do stu. Przyrząd taki nazywa się *termometrem*; szereg podziałek, odpowiadających stopniom, nazywa się *skalą* termometru. Stopnie oznacza się tak: 23° znaczy 23 stopnie. Termometr, wypełniony gliceryną, nazywamy glicerynowym termometrem; wypełniony alkoholem nazywamy alkoholowym i t. d.

Zupełnie podobnie bywają budowane termometry rtęciowe (термометры ртутные) (~~rys. 93~~), używane częściej od innych. Miewają one zazwyczaj



Rys. 93.

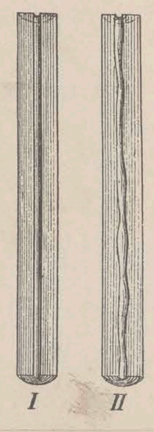
bardzo małe naczyńka t. j. zawierają bardzo mało rtęci, ażeby przybierały prędko temperaturę ciał otaczających. Jednakowoż, im mniej jest rtęci, tem mniejsze są też przyrosty objętości, których doznaje pod działaniem ciepła; dlatego, ażeby nawet małe przyrosty były dokładnie widoczne, daje się rurce termometrycznej nadzwyczaj drobne przecięcie. Na rys. 93. I oraz 93. II widimy takie rtęciowe termometry, opatrzone skalą stustopniową (стоградусная, шкала стоградусная), czyli t. zw. skalą Celsyusza, wyżej opisaną. Niekiedy używane bywają też termometry, których skale (zwane skalą Réaumura) zbudowane jest nieco inaczej; mianowicie punkt wrzenia wody jest wzięty w nich za stopień 80 (rys. ~~93~~ 125, III ~~III~~), nie zaś za 100; więc stopień skali Réaumura wynosi tyle, ile 5/4 stopnia skali Celsyusza. W książce niniejszej będziemy trzymali się wszędzie skali stustopniowej Celsyusza.

125

125

125

Należy o tem pamiętać, że stopnie skali termometru mają odpowiadać równym przyrostom objętości cieczy termometrycznej; a zatem stopnie skali powinny mieć objętości jednakowe, nie zaś długości jednakowe. Jeśli wnętrze rurki termometru jest prawidłowym walcem, wówczas długościom jednakowym odpowiadają objętości jednakowe (rys. ~~110, I~~ 126, I); ~~zgoła~~ inaczej będzie, jeśli wnętrze rurki nie posiada postaci dokładnie walcowej (rys. 126, II). Można jednakowoż posłużyć się nawet i rurką o wnętrzu nie walcowej postaci, jeśli się ją „skalibruje", t. j. jeśli wyznaczy się na niej odstępy, odpowiadające objętościom jednakim, co można uskutecznić, przesuwając kroplę rtęci po rurce.



Ryp. 126.

Jak alkohol lub rtęć, podobnie obrać można powietrze lub inne ciało gazowe za *ciało termometryczne* t. j. za ciało, którego rozszerzanie się pozwala mierzyć temperatury. Przyrządy np., opisane w § 78., można nazwać termometrami powietrznymi. Takie termometry gazowe są bardzo dokładne, ponieważ gazy rozszerzają się znaczniej niż ciecze, ale są mniej dogodne, i dy używane przeto bywają przeważnie przez uczonych w naukowych badaniach.

П 96-ym

gazowe

i dy

przeto

Z powyższego widzimy, że [redacted] termometr wska... ściwie mówiąc, taką temperaturę, jaką ma w danej chwi... ciało termometryczne. Gdy np. czytamy temperaturę na termom... trze rtęciowym, wiemy, że jest to temperatura rtęci, w nim zawartej. Lecz ciała sąsiadujące udzielają sobie ciepła, dopóki temperatury ich nie staną się dokładnie jednakowe; zatem [redacted] termometr przyjmuje po pewnym czasie temperaturę swego otoczenia. Zanurzony np. w wodzie, wystawiony na powietrze, trzymany w dłoni, termometr wskaże po niejakim czasie temperaturę wody, powietrza lub dłoni. Niekiedy wszakże budują termometr ~~tak~~ umyślnie w tym celu, ażeby nie wskazywał temperatury jaką ma chwilowo, lecz raczej wskazywał najwyższą temperaturę, jaką przybrał w ciągu pewnego okresu czasu. Są to t. zw. maksymalne (termometry, stojące (pomiędzy innemi) do celów lekarskich. Pomiędzy naczyńkiem a rurką znajduje się w nich zwężenie; rtęć rozszerzająca się, przechodzi przez to zwężenie, kurcząc się natomiast nie przechodzi, rozrywa się częściowo, pozostaje w rurce i wskazuje tym sposobem najwyższą temperaturę, do której się podniosła. Lekkiem a nagłem uderzeniem można ją napowrót wprowadzić do naczynka.

1ks V (максимальні)

V (звуження)

§ 80. O temperaturze ciał w pokoju.

11 98 V Про температуру ~~тіл в кімнаті~~).

Mając termometr, przekonajmy się, jakie są temperatury ciał, które nas otaczają. W pokojach mieszkalnych powietrze miewa zazwyczaj od 15° do 20°. Temperatura ciała człowieka wynosi mniej więcej od 30° (na dłoni) do 36° w stanie zdrowia, u gorączkującego człowieka podnosi się niekiedy aż do 41°. Pokarmy wydają nam się gorące, gdy mają około 60°, letnie — około 40°.

Przypuśćmy, że na stole znajdują się następujące ciała: kawałek żelaza, miseczka pełna rtęci, klocek drewniany, materya wełniana, nieco puchu. Dotykając tych ciał po kolei ręką, czujemy, że żelazo i rtęć wydają się bardzo zimne, drzewo nieco chłodne, wełna zaś i puch stosunkowo ciepłe. Jeżeli te ciała mają rzeczywiście temperatury niejednakowe, powinny dojść po niejakim czasie do temperatur jednakowych, jak wszelkie ciała sąsiadujące ze sobą. Pozostawmy je więc przez czas dłuższy w sąsiedztwie lub nawet w zetknięciu wzajemnem. Po upływie tego czasu zbadajmy je termometrem; termometr okazuje, że istotnie temperatura tych ciał jest jednakowa. Powtórzmy próbę ręką: żelazo i rtęć wydają się znowu zimne, drzewo — nieco chłodne, wełna i puch wydają się stosunkowo ciepłe. Włóżmy teraz żelazo, rtęć, drzewo, wełnę, puch i termometr do piecyka; gdy się dobrze ogrzeją, znów badajmy je ręką. Teraz, wprost ~~odwrotnie~~ przeciwnie, żelazo i rtęć wydają się bardzo gorące, drzewo sprawia wrażenie umiarkowanego gorąca, wełna i puch wydają się najmniej ogrzane. Cóż się tu dzieje? W pierwszym razie, gdy leżały na stole, wszystkie ciała (żelazo, rtęć, drzewo, wełna i puch) miały temperaturę jednakową, lecz niższą niż temperatura ręki; miały one temperaturę pokojową, a ręka ma temperaturę o 10° do 15° wyższą. W drugim razie miały one temperaturę także jednakową, lecz wyższą niż temperatura ręki. A zatem w pierwszym razie ręka się oziębiała, dotykając tych ciał; w drugim

razie, dotykając ich, ogrzewała się. Widocznie ręka *łatwiej*, *prędzej* przejmuje temperaturę żelaza i rtęci, niż temperaturę wełny i puchu; gdy są zimniejsze, żelazo i rtęć prędzej ją chłodzą, niż wełna i puch; gdy są cieplejsze, żelazo i rtęć prędzej ją ogrzewają.

§ 81. Jak prędko w różnych ciałach wyrównywa się temperatura.

II 99

[illegible]

Widzimy, że temperatura ciał sąsiadujących ze sobą ostatecznie wyrównywa się zawsze; ale do wyrównania przychodzi rychlej, kiedy ciepło płynie przez żelazo lub rtęć, niż kiedy płynie przez wełnę lub puch. Ażeby się krótko wyrazić, powiadamy: żelazo i rtęć są to dobre przewodniki, puch, wełna są złe przewodniki. Wogóle metale są najlepszymi przewodnikami; kamienie, marmur, cegła, szkło, drzewo są gorszymi, a jeszcze gorszymi przewodnikami są takie ciała jak róg, korek, kauczuk, piasek. Wiemy o tem zresztą z codziennego doświadczenia; trzymając w ręku palącą się zapałkę, nie czujemy ciepła; tymczasem, gdy włożymy drut metalowy jednym końcem w płomień, wysoka temperatura rozchodzi się prędko po drucie, który parzy niebawem na przeciwległym swym końcu. Pomiędzy metalami zachodzą zresztą znaczne różnice co do zdolności rozprowadzania podniesionej temperatury. Wstawmy w płomień dwa druty, jeden żelazny, drugi miedziany, lecz wymiarów jednakowych; zapałka, posuwana po drucie miedzianym, zapali się dalej od płomienia niż posuwana po drucie żelaznym. Wykonajmy to doświadczenie dokładniej: badajmy temperatury drutów w jednakowej odległości, np. w odległości 30 cm. od płomienia i uważajmy czas, jaki upływa, aż temperatura ta podniesie się o pewną liczbę stopni, np. o 50 stopni, po nad początkową. Przypuśćmy, że w drucie miedzianym nastąpiło to po upływie minuty; w takim razie ubiegnie przeszło 6 minut, zanim tosamo podniesienie się zauważymy w żelazie. W drucie ołowianym spostrzeglibyśmy je, w tych samych warunkach, po upływie niespełna 5 minut, w drucie, wyrobionym z glinu, już po 2 minutach; natomiast w kolumnie rtęciowej, któraby miała wymiary drutów, zauważylibyśmy tosamo podniesienie się dopiero po 25 minutach.

Bardzo złymi przewodnikami są ciała gazowe; gdyby powietrze nie było złym przewodnikiem, byłoby nam trudno zapewne znosić

styczność z niem w porze zimowej. Bardzo też złymi przewodnikami są ciała porowate i włókniste; wełna, płótno, filc, azbest, puch, wióry, trociny należą do najgorszych przewodników.

Lód, owinięty w szmaty, otoczony puchem lub wiórami, topi się bardzo powoli nawet w ciepłym pokoju. Położywszy nieco azbestu luźno na dłoni, można umieścić na azbeście (niezbyt ciężką) kulę żelazną, rozgrzaną do czerwoności i przez pewien czas trzymać ją bezkarnie. Dlatego ochraniamy się od mrozów futrami, dlatego okręcamy w zimie suknem klamki, poręcze i inne metalowe przedmioty, które są wystawione na zimno i których musimy dotykać. 113

§ ~~82~~ 100. Temperatury, wyższe od 100° i niższe od 0°.

W wodzie wrącej termometr pokazuje 100°. Ale są ciała, mające jeszcze wyższe temperatury; żelazo np. rozgrzane do czerwoności ma ⊥ wyższą temperaturę. Podzielmy rurkę termometru ~~(§ 79.)~~ i po nad poziomem »100« na takiesame części równej objętości, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu; to będą stopnie wyższe od 100°, więc 101°, 102° i t. d. Postąpmy zupełnie podobnie pod poziomem »zero«. Termometr pokazuje 0° w topiącym się lodzie; ale są ciała, mające jeszcze niższe temperatury: mięszanina śniegu z solą kuchenną okazuje niższą temperaturę, podobnież powietrze podczas mrozów zimowych. Podzielmy więc rurkę termometru i pod zerem na takiesame części, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu: będą to stopnie oczywiście *ujemne* V $-1°$, $-2°$, $-3°$ i t. d. Zero naszej skali nie jest więc bynajmniej najniższą możliwą temperaturą, lecz jest pewną, dowolnie obraną temperaturą; niższe od niej temperatury nazywamy ujemnemi podobnie, jak ⊥ liczby mniejsze od zera nazywamy ujemnemi. W mięszaninie np. śniegu i soli świeżo przygotowanej znajdujemy do $-20°$.

⊥ znacznie

V (від'ємні)

⊥ w Arytmetyce

§ ~~83~~. Gęstość ciał zależy od ⊥ temperatury V

⊥ ich

Ш 101.

V (густота тіл залежить від температури).

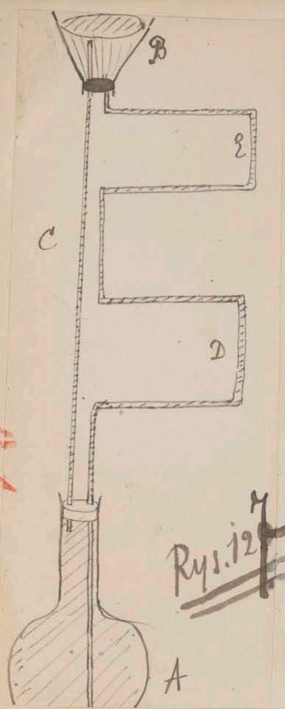
Ш 93

Weźmy wodę o temperaturze 0° i ogrzejmy ją do 100°. Masa tej wody nie zmieni się (§ ~~73~~.), lecz objętość jej się powiększy. Tasama masa wody w temperaturze 100° zajmuje więc objętość większą niż w 0°; tasama liczba gramów zajmuje więcej centymetrów sześciennych. A zatem w temperaturze 100° zawiera się w jednym centymetrze sześciennym masa mniejsza niż w 0°; innemi słowy, *gęstość* wody (§ ~~29~~.) w 100° jest mniejsza niż w 0°. Tosamo stosuje się do wszystkich ciał, które rozszerzają się, gdy temperatura ich się podnosi: ***gęstość ich jest mniejsza w wyższej niż w niższej temperaturze.***

Ш 38

Więc np. woda gorąca jest mniej gęsta niż zimna, podobnie jak korek jest mniej gęsty niż woda. Nic dziwnego zatem (§ ~~44~~.), że woda gorąca pływa po zimnej, jak to spostrzegamy, przygot-owując ciepłą kąpiel w wannie. Zbudujmy przyrząd, wyobrażony na rys. 127. ~~Balon~~ Balon szklany A oraz rurki: prosta C i powyginana DE są całkowicie wypełnione wodą; do lejka B nalewamy wody jakkolwiekbądź zabarwionej. Ogrzewając A od spodu, sprawimy, iż woda gorąca wstępuje z A prosto do góry drogą C i wypychając wodę zabarwioną z B, zmusza ją do płynięcia ku dołowi przez rurkę ED. Na podobnej zasadzie polega ogrzewanie budynków zapomocą wody gorącej; zbiornik A znaj—

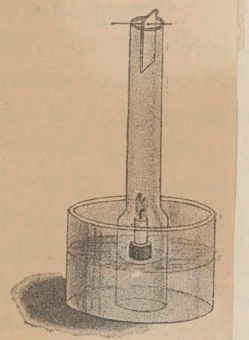
П 61



Rys. 127

duje się np. w piwnicy, B na poddaszu budynku, E zaś i D wyobrażają piętra mieszkalne.

Z ~~wspólnie~~ ~~tego samego~~ objaśnionego tu powodu powietrze ogrzane wypływa do góry, gdy zimne pozostaje u dołu; toteż widzimy, że w pokoju, w którym palą się lampy lub piec silnie grzeje, powietrze gorące zbiera się ~~się~~ pod sufitem. Wszelki płomień, jak wiadomo z Chemii, wymaga ciągłego dopływu powietrza, albowiem zużywa nie tylko materyał palny (np. drzewo, węgiel, naftę, gaz oświetlający, stearynę), lecz też i *tlen* (kwasoród) zawarty w powietrzu. Z drugiej strony płomień wytwarza ciała gazowe, które powstają przez łączenie się materyału palnego z tlenem; ciała te gazowe, będąc gorące, wraz z powietrzem, ogrzewanem przez płomień, biegną do góry i tworzą prąd; ~~który~~ prąd ten (ciąg) nazywamy dymem, jeśli unoszą się w nim drobne cząstki niespalonego węgla. Zbliżmy płomień lampy lub świecy do obłoku dymu (np. tytuniowego), wiszącego spokojnie w powietrzu pokoju; będziemy mogli zauważyć dokładnie prąd poziomy zimnego powietrza, płynący *ku* płomieniowi od wszystkich boków i jednocześnie prąd pionowy gorący, płynący *od* płomienia po nad jego wierzchołkiem. Umieśćmy świecę na korku, pływającym po wodzie (rys. ~~94~~.); zapalmy świecę i wstawmy cylinder szklany na płomień, jak pokazuje rysunek. Płomień przeprąd gorący ku górze, ale nie ma zkąd ciągnąć dopływu świeżego powietrza; dlatego też po chwili słabnie i gaśnie. Lecz jeśli powtórzymy doświadczenie, wstawiwszy pionowo w cylinder kawałek tektury, płomień nie zgaśnie, albowiem jedną stroną cylindra będzie ciągnął świeże powietrze, drugą zaś będzie parł gazy gorące ku górze. Istotnie: dym tytuniowy, wpuszczony po pierwszej stronie cylindra, odbędzie w nim taką drogę, najprzód na dół a potem do góry. Rozumiemy teraz, dlaczego »ciągną« kominy i przewody kominowe, idące (wewnątrz ścian) od pieców i ognisk aż po nad dach budynków.


Rys. ~~94~~ ~~126~~ 128.

II 128

Wentylacja, czyli sztuczne przewietrzanie budynków (nader pożyteczne, a nawet konieczne, dla zdrowia ich mieszkańców), polega najczęściej na zużytkowaniu własności ogrzanego powietrza, objaśnionych w artykule niniejszym.

§ ~~84~~ 102. Określenie grama.

II 36.

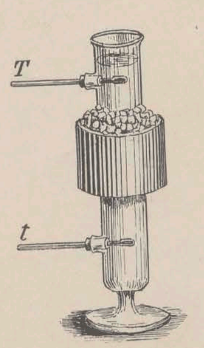
Powiedzieliśmy w § ~~28~~., że gramem nazywa się masa, zawarta w jednym centymetrze sześciennym wody. Widzimy teraz, że trzeba dodać, jaka ma być temperatura tej wody, albowiem np. centymetr sześcienny wody gorącej ma mniejszą masę niż centymetr sześcienny zimnej. Umówiono się, że gramem jest masa, zawarta w centymetrze sześciennym wody o temperaturze 4°; tasama temperatura obowiązuje oczywiście w określeniu kilograma i t. d. Gram wody o temperaturze 100° zajmuje ~~więc~~ 1·04 cm^3; odwrotnie jeden centymetr sześcienny takiej wody zawiera masę 0·96 grama; innemi słowy, woda wrąca ma gęstość 0·96. W tem-

peraturach pokojowych gęstość wody jest bardzo mało co mniejsza od jedności, np. w temperaturze 16° wynosi 0·999; gram takiej wody zajmuje więc objętość, większą od sześciennego centymetra o jedną tysiączną, t. j. o jeden sześcienny milimetr.

§ 103. Woda w temp. 4° ma gęstość największą.

Woda ma szczególną właściwość, polegającą na tem, że, ogrzewana od 0° do 4°, nie rozszerza się, lecz przeciwnie kurczy się; natomiast pomiędzy 4° a 100° woda (jak inne ciała) rozszerza się za ogrzaniem. Weźmy balon o cienkiej długiej szyjce, jak w § 95. (rys. 122.); wypełnijmy go wodą i wstawmy po kolei do dwóch kąpieli: niechaj jedna ma 0°, druga 4°. Zobaczymy, że woda w szyjce stoi ostatecznie, po wyrównaniu się temperatur, niżej w 4° niż w 0°. Ztąd jeszcze nie można wnosić, że woda skurczyła się w przejściu od 0° do 4°, albowiem balon rozszerzył się i stał się pojemniejszy (§ 95.). Jednakże opadnięcie wody w szyjce wynikało tylko w części z rozszerzenia się balonu; rzeczywiście, wstawiwszy balon z wodą do trzeciej kąpieli, mającej 8°, zobaczymy (po wyrównaniu się temperatur) małe podniesienie się wody w szyjce balonu. Widocznie pomiędzy 0° a 4° rozszerzanie się balonu i kurczenie się wody, działające zgodnie, dodają się; pomiędzy 4° zaś a 8° rozszerzanie się balonu i rozszerzanie się wody, działające przeciwnie, odejmują się od siebie.

Uważajmy jeden gram wody. Według poprzedzającego artykułu, zajmuje on 1cm³ w temperaturze 4°. Gdybyśmy w wyobraźni oziębili go do 0°, musiałby on zająć, jak teraz wiemy, objętość większą niż 1cm³. Gdybyśmy ogrzali go, np. do 8°, musiałby również zająć objętość większą, niż 1cm³. A zatem widzimy, że gram wody zajmuje najmniejszą objętość w temperaturze 4°. Ztąd wniosek, że w danej liczbie centymetrów sześciennych pomieści się więcej gramów wody w 4°, niż w jakiejkolwiek innej temperaturze. Woda w 4° ma gęstość największą. Możemy przekonać się o tem zapomocą przyrządu wyobrażonego na rys. 129. Nalawszy do naczynia szklanego wody mającej 8° do 10°, wsypujemy lód z solą do metalowego; wówczas dolny termometr t obniża się do 4° i zatrzymuje się na tej temperaturze. Górny termometr T z początku nie zmienia swego stanowiska; dopiero, gdy dolny stanął na 4°, górny obniża się, ale nie zatrzymuje się na 4° i opada do 0°. Wszystko to łatwo wytłomaczyć na mocy poprzedzającego.



Rys. 129

II 104. V

§ 85. O ilości ciepła

Przypuśćmy, że mamy w naczyniu kilogram wody o temperaturze 10°. Potrzymajmy to naczynie nad płomieniem i uważajmy, jak woda ogrzewa się. Po pięciu minutach ma np. 30°;

ilość ciepła, równa pierwszej. Przez dziesięć minut płomień oddał wodzie ilość ciepła, dwa razy większą, niż przez pięć minut. Użyjmy płomienia większego lub dwóch płomieni zamiast jednego; zobaczymy, że woda po upływie 5 minut ogrzewa się do temperatury wyższej niż 30°, np. do temperatury 55°; a zatem płomień większy dostarcza też znaczniejszej ilości ciepła w czasie jednakowym. Z tego widzimy, po pierwsze, że pewna ilość wody potrzebuje pewnej ilości ciepła, ażeby ogrzać się od pewnej temperatury do innej temperatury; powtóre, że pewna ilość ciepła może być dwa, lub trzy, lub ilekolwiek razy większa albo mniejsza od innej ilości ciepła. Stąd wynika, że *ilości ciepła można mierzyć.* Długości można mierzyć, gdyż każda długość jest pewną liczbę razy dłuższa lub krótsza od metra t. j. od jednostki długości. Podobnie każda ilość ciepła jest pewną liczbę razy większa lub mniejsza od ilości ciepła, jakiej potrzebuje kilogram wody, ażeby ogrzać się o jeden stopień. *Tę ilość ciepła obieramy za jednostkę* i nazywamy ją *kaloryą.* Inne ilości ciepła mierzymy przez porównywanie ich z kaloryą.

§ ~~86~~ 11. Ogrzewając się, różne ciała pochłaniają różne ilości ciepła.

§ 105.

1 V Огріваючись, різні тіла ~~поглинають~~ вхлинають різну кількість тепла)

Kilogram wody, ogrzewając się o stopień, pochłania 1 kaloryę. Zatem np. masa wody, mająca trzy kilogramy, ogrzewając się również o stopień, pochłonie trzy kalorye, albowiem każdy z trzech kilogramów, składających tę masę, pochłonie sam przez się jedną kaloryę. Masa wody 5 *kg.*, ogrzewając się o stopień, pochłonie podobnie 5 kaloryj. *Każde ciało, ogrzewając się o pewną liczbę stopni, pochłania* V *ilość ciepła tem większą, im masa jego jest większa.*

V (вхлинає)

Porównajmy teraz ilości ciepła, potrzebne do jednakowego ogrzania *rozmaitych ciał* w jednakowej masie. Weźmy np. trzy jednakowe naczynia, nalejmy do nich jednakowe masy wody, alkoholu i terpentyny. Ogrzewając po kolei wodę, alkohol i terpentynę tymsamym płomieniem w sposób jednakowy, zobaczymy, że terpentyna ogrzeje się do pewnej temperatury, np. do 50°, w czasie krótszym niż alkohol, alkohol w czasie krótszym niż woda. A zatem terpentyna potrzebuje najmniej, a woda najwięcej ciepła, ażeby ogrzać się o pewną liczbę stopni. Lecz nie możemy być pewni, czy płomień grzeje zawsze jednakowo; wykonajmy więc doświadczenie inaczej. Ogrzejmy 100 *gr.* wody do 100° i zmięszajmy je ze 100 *gr.* wody, mającej temperaturę pokojową, więc np. 15°. Temperatura po zmięszaniu wyniesie oczywiście 57·5°, albowiem woda o temperaturze 15° zyskała taką ilość ciepła, jaką straciła woda o 100°; pierwsza więc ogrzała się o 42·5°, druga oziębiła się o tyleż. Weźmy dalej 100 *gr.* ~~terpentyny~~ wody, ogrzanej do 100°

125 = 88

i 100 gr. terpentyny o temperaturze np. 15°. Po zmięszaniu tych cieczy przekonamy się, że temperatura ich wspólna wynosi 75°. A zatem woda oziębiła się teraz o 100−75 t. j. o 25 stopni; terpentyna zaś ogrzała się o 75−15 czyli o 60 stopni. Że jednak ta terpentyna pobrała tę samą właśnie ilość ciepła, którą straciła woda, więc powiadamy: ilość ciepła, która ogrzewa 100 gr. terpentyny o 60 stopni, byłaby w stanie ogrzać 100 gr. wody tylko o 25 stopni. Więc kilogram terpentyny wymaga <u>mniejszej</u> ilości ciepła, niż kilogram wody, do ogrzania się jednakowego, mianowicie mniejszej w stosunku 25 : 60 albo około 0.42 : 1.00. Lecz kilogram wody pochłania 1 kaloryę ogrzewając się o 1 stopień; zatem kilogram terpentyny pochłania 0.42 kaloryi, ogrze-

wając się o 1 stopień. W podobny sposób można dojść, że np. kilogram alkoholu pochłania 0.60 kaloryi, ogrzewając się o stopień, kilogram żelaza – nieco więcej niż 0.10, kilogram miedzi nieco mniej niż 0.10 kaloryi; kilogram rtęci – nieco więcej niż 0.03 kal. W jednakowych warunkach potrzeba więc około 30 razy więcej ciepła, ażeby ogrzać wodę, niż, ażeby ogrzać rtęć.

§ 11. Punkt topliwości. V

II 106. V (~~Точка топлен~~)

Nalejmy nieco wody do szklanki; przypuśćmy, że temperatura wody wynosi 15°. Możemy łatwo obniżyć temperaturę wody; wstawiając ją np. do mięszaniny śniegu i soli (§ 11.) i ciągle mięszając, możemy doprowadzić temperaturę do 10°, do 5° i nareszcie do 0°. Ale np. do $-10°$ *nie możemy* doprowadzić wody, albowiem w temperaturze 0° woda *zamarza*. V Postąpmy odwrotnie. Weźmy nieco lodu; lód jest zimny, ma np. temperaturę $-12°$. Możemy lód ogrzać, doprowadzić go np. do $-8°$, do $-5°$, do $-1°$; ale nie możemy doprowadzić go do $+10°$ np., albowiem w temperaturze 0° lód *topi się*. Powiadamy: lód może mieć temperatury niższe od zera lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury wyższej. Woda może mieć temperaturę wyższą od zera lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury niższej. Jedyną więc temperaturą, którą może mieć i lód i woda, jest temperatura 0°. Dlatego w tej temperaturze 0° może istnieć mięszanina lodu z wodą t. j. lód i woda mogą stykać się ze sobą w 0° bez topienia się lodu i bez zamarzania wody. Jeśli więc mamy *lód* lub *śnieg* (który składa się z drobniutkich kryształków lodu) *wilgotny* V t. j. poczynający się topić, możemy być pewni, że temperatura w tej mięszaninie lodu lub śniegu z wodą wynosi 0°.

II 100.

V (замерзає)

V (вохкий)

Powiadamy inaczej, że 0° jest *temperaturą* lub *punktem topliwości* V lodu lub raczej tego ciała, które bywa bądź lodem, bądź wodą, zależnie od temperatury.

V (точка топлення)

§ 11. Czemu jedne ciała są ciekłe a inne są stałe. V

V (~~[illegible]~~)

II 107

Jak temperatura 0° jest punktem topliwości lodu, podobnież temp. 31° jest punktem topliwości masła, temp. 63° punktem topliwości wosku, temp. 115° punktem topliwości siarki; każdy rodzaj ciała ma własny punkt topliwości. Zatem np. *siarka* jest ciałem stałem poniżej 115° a ciałem ciekłem powyżej 115°. Dlaczegóż nazywamy zwykle siarkę ciałem stałem? Ponieważ widujemy ją zazwyczaj w temperaturach, które leżą znacznie niżej od jej punktu topliwości. Gdybyśmy żyli w atmosferze, mającej np. 130°, widywalibyśmy siarkę w temperaturach, wyższych o 15 stopni od jej punktu topliwości i uważalibyśmy ją za ciecz. Żyjemy | ~~właśnie~~ w temperaturach, wyższych || ~~zazwyczaj~~ o 15° od punktu topliwości wody i dlatego jesteśmy przyzwyczajeni do uważania wody za ciecz. Ale zwykła woda jest stopionym lodem, podobnie jak siarka w 130° jest stopioną siarką. Podobnie *rtęć* V nazywamy cieczą dlatego, że punkt topliwości rtęci leży nizko (w $-39°$); lecz na wyprawach podbiegunowych ludzie znosili nieraz temperatury takie jak $-39°$ i niższe a wówczas rtęć wydawała im się ciałem stałem, które można kuć, krajać na kawałki i t. d. Jeszcze niżej leży punkt topliwości np. alkoholu. Przeciwnie, punkt topliwości metali leży bardzo wysoko; np. punkt topliwości ↓ ołowiu ~~wynosi~~ 325°, miedzi około 1100°, | że-

| zazwyczaj

|| mniej więcej

V (ртуть)

↓ cyny wynosi 227°,

| stali około 1300°,

$1\ cm^3$ — $\frac{9}{10}$ grs

$\frac{10}{9}\ cm^3$ 1 grs

laza około 1600°. Czemu więc jedne ciała są ciekłe a inne stałe? Ponieważ temperatury, w których żyjemy, są wyższe od punktów topliwości pierwszych, a niższe od punktów topliwości drugich.

~~Niektórych~~ Wielu ciał nie można stopić dlatego, iż *rozkładają się*, zanim stopiłyby się, gdy je ogrzewamy. Z tego powodu nie można stopić np. drzewa, papieru, lnu, wełny i t. d.; wszystkie te ciała rozkładają się na węgiel i na części lotne czyli zwęglają się pod działaniem ciepła. Inne ciała, jak np. czysty węgiel, glina, topiąc się w temperaturach nadzwyczajnie wysokich, wytrzymują temperaturę zwykłego ognia bez stopienia; z nich przeto wyrabiają t. zw. ogniotrwałe naczynia oraz cegły do pieców.

Niektóre ciała (np. żelazo, saletra, lód) pozostają twarde i sztywne prawie do samego punktu topliwości; takie ciała nie dają się urabiać w dowolne kształty, chyba pod działaniem olbrzymich sił. Inne ciała, przeciwnie, mięknę już w temperaturach znacznie niższych od punktu topliwości i dają się wtedy krajać, giąć, wyciągać, wydymać i t. d. Szkło, lak, smoła stanowią przykład takich własności ciał, zwanych plastycznemi.

§ 108. Lód pod ciśnieniem ~~(Ślizganie się na łyżwach)~~

Wyobraźmy sobie 1 gram wody w temperaturze 0°; zajmuje on prawie dokładnie 1 cm^3 (por. § 102). Przypuśćmy że ten gram wody zamarza t. j. staje się gramem lodu o temp. 0°; wówczas zajmuje on $1\frac{1}{9}$ cm^3 (zob. § 38.). A zatem w temp. 0° gram lodu wypełnia objętość o $\frac{1}{9}$ cm^3 większą niż gram wody; to też lód pływa po wodzie (por. § 61.).

A zatem lód jest jakgdyby rozszerzoną, rozciągniętą wodą; a woda jest jakgdyby mocniej ściśniętym, zagęszczonym lodem; woda bowiem w jednym centymetrze sześciennym zawiera więcej masy niż lód, mianowicie o 0.1 grama więcej. Jeśli tak ~~jest~~, tedy ściskanie i ugniatanie ~~lodu~~ powinno sprzyjać topieniu się lodu. Tak też jest istotnie. Śnieg albo lód potłuczony, który jest dość zimny, żeby nie topił się na powietrzu (jak to zimą często widzimy) stopi się odrazu, gdy go poddamy ~~silnemu~~ wzmocnionemu ciśnieniu. Ale działanie ciepła topi lód o wiele skuteczniej niż ciśnienie. Pomieśćmy np. śnieg lub lód tłuczony w walcu pod tłokiem, Rys. 58. w § 49. i próbujmy go stopić ciśnieniem. Jeśli lód ma temperaturę −1°, musielibyśmy położyć 1600 kg. na tłok przyrządu (mającego 10 cm^2 przecięcia), żeby ~~go~~ stopić lód bez ogrzewania go wcale.

§ [illegible]. Ciepło topliwości.

Weźmy dwa jednakowe naczynia; w jednem pomieśćmy kilogram lodu o temperaturze 0°, więc już poczynającego się topić, w drugiem kilogram wody o temperaturze 0°. Postawmy te naczynia obok siebie w pokoju; zobaczymy, że woda przybierze temperaturę pokojową już wówczas, gdy dopiero nieznaczna część lodu będzie stopiona. Ciepło, napływające z powietrza, w naczyniu z wodą idzie odrazu na podnoszenie temperatury, gdy tymczasem w naczyniu z lodem zużywa się przedtem na topienie lodu. Weźmy dalej kilogram lodu, mającego 0° i oblejmy go kilogramem wody gorącej, mającej 80°. Gdybyśmy, zamiast lodu, wzięli wodę o 0°, otrzymalibyśmy 2 kilogramy wody o 40° (§ [illegible].). Tymczasem obecnie otrzymujemy 2 kilogramy wody ciekłej, mającej 0°. Woda gorąca straciła więc 80 kaloryi, które pobrał lód, ażeby stopić się. Trzeba wprowadzić 80 kaloryi do kilograma lodu o temperaturze 0°, ażeby zamienić go na kilogram wody o tejże temperaturze. I odwrotnie trzeba odebrać 80 kaloryi kilogramowi wody o temperaturze 0°, ażeby zamienić go na kilogram lodu o tejże temperaturze. Mówimy, że *ciepło topliwości* wody wynosi 80 kaloryi na kilogram.

Ciepło topliwości wody jest więc stosunkowo dość znaczne. To też płomień, który szybko ogrzewa, który np. podnosi temperaturę pewnej masy wody o kilkanaście stopni w ciągu kilku minut, musi pracować znacznie dłużej, przez kilkadziesiąt minut, nad stopieniem równej masy lodu. Potrzeba wielu dni odwilży, ażeby stopić znaczne masy śniegu, leżące po śnieżnej zimie na polach; albowiem powietrze nie jest w stanie prędzej dostarczyć 80 kaloryi każdemu kilogramowi śniegu. I odwrotnie woda w stawie lub jeziorze zamarza nieraz dopiero po kilku dobach mrozu, gdyż zimne powietrze nie jest w stanie prędzej odebrać 80 kaloryi każdemu kilogramowi wody.

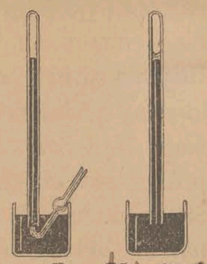
§ [illegible]. Para wodna.

Puśćmy kroplę wody na tafelkę szklaną; po niejakim czasie kropli niema; *wyschła* ona, jak powiadamy. Podobnie wysycha zmoczona bielizna lub ziemia, gdy oddawna nie było deszczu. Z butelki otwartej woda również wysycha; ale z zakorkowanej butelki nie wysycha; jeśli zamknięcie jest szczelne, wody wcale nie ubywa. Stąd widzimy, że woda, wysychając, nie ginie, tylko się *ulatnia* czyli *paruje*, t. j. zamienia się na ciało gazowe, na *parę wodną* i jako para rozchodzi się w powietrzu. Weźmy wodę gorącą; woda taka zamienia się na parę obficiej, niż zimna; dlatego przedmioty wilgotne w cieple łatwiej wysychają. Nalawszy szklankę wodą gorącą do połowy, mamy w górnej połowie pełno pary wodnej. Przykryjmy szklankę zimnym talerzem; para wodna w zetknięciu z talerzem *skrapla się* i pokrywa go gęstą rosą. A więc woda może mieć postać trojaką: ciała stałego, ciekłego i gazowego; w tej ostatniej nazywamy ją *parą wodną*.

Ogrzewajmy nieco wody w szklanem naczyniu aż pocznie *wrzeć*. Tworząca się para skrapla się z początku na chłodnych ścianach naczynia; później, gdy samo naczynie jest ~~już~~ gorące, para strumieniem wybiega w powietrze. Zauważymy wówczas, że para skłębia się w nieprzezroczysty obłoczek dopiero w pewnej odległości od otworu naczynia; wnętrze naczynia, wypełnione parą, jest zupełnie przezroczyste. A zatem ~~[illegible]~~ *para wodna jest przezroczysta i niewidzialna*, jak powietrze; co zwykle nazywamy parą, nie jest ciałem gazowem czyli właściwą parą, lecz parą ~~już~~ *skroploną* na maleńkie kropelki, unoszące się w powietrzu.

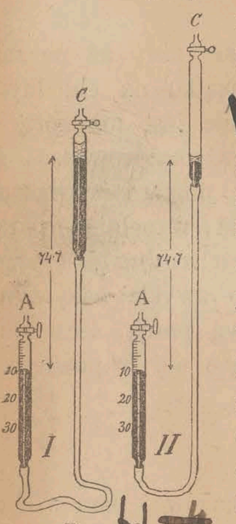
§ 91. Ciśnienie pary.

Jak powietrze i jak każde w ogóle ciało gazowe, para wodna wywiera ciśnienie; zobaczmy, jak znaczne ciśnienie wywiera. Gdy woda ulatnia się w powietrzu, para powstająca miesza się z powietrzem; więc, żeby mieć ciśnienie samej tylko pary, pozwólmy wodzie ulatniać się w próżni. Wprowadzamy wodę do rurki barometru w sposób, jaki objaśnia rys. 95. Jak tylko woda wypłynie ponad rtęć, próżnia wypełnia się parą wodną i słup w barometrze się obniża. O ile słup się obniża, zależy od temperatury. W temperaturze 10° obniżka wynosi 0·9 *cm*, w temperaturze 15° wynosi 1·3 *cm*, w 20° zaś 1·7 *cm*. Lecz wiemy, że obniżka słupa barometrycznego wskazuje tu ciśnienie ciała gazowego, które dostało się do próżni. Powiadamy zatem: woda w 10° wytwarza parę o ciśnieniu 0·9 *cm* rtęci; w 15° oraz w 20° wytwarza parę o ciśnieniu 1·3 oraz 1·7 *cm* rtęci.


Rys. 95.

§ 92. Ciecz i para w zetknięciu.

Tosamo doświadczenie możemy wykonać zapomocą przyrządu, przedstawionego na rys. 60 (rys. 96.) ~~str. 84.~~ Wprowadźmy nieco wody po nad rtęć w *C* przed zamknięciem kurka; następnie podnieśmy rurkę *C*, jak na rys. 60, III. Różnica w wysokościach poziomów rtęciowych będzie teraz mniejsza wskutek ciśnienia pary wodnej. Przypuśćmy np., że mamy 15° w pokoju; różnica w wysokościach jest teraz 74·7 *cm*, gdy poprzednio wynosiła 76 *cm*. Położenie poziomów rtęciowych jest więc takie, jak na rys. 96, I. Podnieśmy rurkę prawą *C* znacznie do góry; rtęć w niej zejdzie niżej i objętość próżni znacznie się powiększy (rys. 96, II.). Zmierzmy znowu różnicę wysokości poziomów; wynosi ona, jak wprzódy, 74·7 *cm*. Natomiast obecnie jest nieco *mniej* wody ciekłej nad rtęcią, niż w położeniu I. Co tu się stało? Gdy powiększyliśmy objętość pary wodnej w *C*, ciśnienie jej zmniejszyło się; albowiem ciśnienie wszelkiego ciała gazowego (§ 89.) zmniejsza się, gdy objętość jego się zwiększa. Lecz wówczas ciekła woda nad rtęcią znalazła się w *C* pod ciśnieniem *mniejszem* niż 1·3 *cm*, zaczęła więc wytwarzać nowe ilości pary. Przez to ciśnienie pary powiększało się; gdy doszło napowrót do 1·3 *cm*, woda przestała dalej parować. Dlatego znaleźliśmy w położeniu II. ilość wody ciekłej nieco mniejszą, ciśnienie zaś pary ~~takiesamo~~, jak w położeniu I. Gdybyśmy byli wykonali to doświadczenie w temperaturze 20°, bylibyśmy podobnie znaleźli: że różnica wysokości poziomów wynosi stale 74·3 *cm*; że ilość wody ciekłej zmniejsza się, gdy objętość próżni zwiększamy, zwiększa się zaś, gdy ją zmniejszamy. Powiadamy zatem: *w każdej temperaturze woda wytwarza parę o pewnem określonem ciśnieniu;* nazywa się ono *ciśnieniem nasycenia*. Jeśli ciśnienie pary nad wodą jest mniejsze niż ciśnienie nasycenia, wówczas woda paruje; jeśli jest większe, para się skrapla. Jeśli ciecz i para są ze sobą w zetknięciu i ani woda paruje ani para się skrapla, wówczas para ma właśnie ciśnienie nasycenia.



Rys. 96.

§ 93. Ciśnienie nasycenia rośnie z temperaturą.

Przejdźmy teraz do wyższych temperatur. Otoczmy (rys. 97, ~~str. 85.~~) rurkę *C* poprzedniego przyrządu szeroką rurą szklaną

i nalejmy do niej wody gorącej; zważajmy zawsze na to, ażeby nad rtęcią w rurce C znajdowała się woda ciekła. Mierząc różnice wysokości poziomów rtęciowych, znajdziemy ciśnienia nasycenia wody w różnych temperaturach. Znajdziemy:

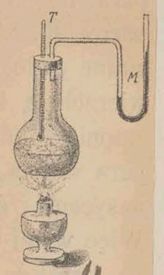
3·1 *cm* w 30°	35·5 *cm* w 80°
9·2 *cm* w 50°	52·5 *cm* w 90°
23·3 *cm* w 70°	76·0 *cm* w 100°.

Gdy temperatura się podnosi, ciśnienie nasycenia rośnie coraz bardziej i dochodzi do ciśnienia atmosferycznego (76 *cm*) w temperaturze 100°. Powyżej 100° ciśnienie nasycenia wody staje się jeszcze większe, np. w 110° wynosi już 107·5 *cm*. П ~~115~~ 132.

§ 11. Punkt wrzenia. Ц 114 V (~~точка кипения~~)

Rozumiemy teraz, że, kiedy ogrzewamy wodę w otwartem naczyniu, temperatura wody nie może podnieść się po nad 100°. Istotnie: woda znajduje się wówczas pod ciśnieniem 76 *cm* a że tworząca się para rozchodzi się w powietrzu, więc ciśnienie nie może podnieść się po nad 76 *cm*, zatem i temperatura wody ponad 100°. To też w tej temperaturze 100° woda zamienia się całkowicie na parę w otwartem naczyniu; mówimy, że *woda wre w temperaturze 100° pod ciśnieniem atmosferycznem*. Temperatura 100° nazywa się dlatego *temperaturą* lub *punktem wrzenia* wody. V (точка кипен.) П ~~116~~ 133.

Gdybyśmy gotowali wodę w zamkniętem naczyniu (rys. 11.), para nie rozchodziłaby się w powietrzu, ciśnienie jej podnosiłoby się ponad 76 *cm*, jak pokazuje położenie rtęci w rurce M; wówczas temperatura podniesie się po nad 100°, jak pokazuje termometr T. Pod ciśnieniem większem niż atmosferyczne woda wre w temperaturze wyższej niż 100°. [redacted]



Rys. 11.

Zastosowanie tej zasady znajdujemy w kotłach parowych, służących do wytwarzania pary dla maszyn parowych (§ 122). Do niektórych maszyn potrzeba pary o znacznem ciśnieniu, naprzykład o ciśnieniu kilkunastu atmosfer; woda, gotująca się w kotle, ma wówczas temperaturę dochodzącą do 200° ~~i więcej~~ lub nawet jeszcze wyższą. — Ц ~~116~~ 133.

Gdybyśmy przeciwnie umieścili naczynie z wodą pod dzwonem pompy pneumatycznej i wyciągali wciąż powietrze i tworzącą się parę, np. tak, ażeby ciśnienie pod dzwonem wynosiło ~~wciąż~~ stale 35·5 *cm*, wówczas temperatura wody nie mogłaby podnieść się ponad 80°; więc pod dzwonem wrzenie odbywałoby się w temperaturze 80°. Pod ciśnieniem mniejszem niż atmosferyczne woda wre więc w temperaturze niższej niż 100°. Wiemy np., że na szczytach gór ciśnienie powietrza jest mniejsze niż zwykłe atmosferyczne ciśnienie (§ 11.); to też na szczycie Łomnicy woda wre w temperaturze 91°, na szczycie Mont-Blanc w temperaturze 84·4° zamiast w 100°, jak u poziomu morza. Ц 73

§ 11. Para wodna w powietrzu. Ц 115 V (~~пара водна в воздухе~~)

Nalejmy wody do butelki, potem zamknijmy butelkę i postawmy ją w pokoju, gdzie mamy np. 15°. Co znajduje się w butelce ponad wodą? Mięszanina dwóch ciał gazowych: powietrza i pary wodnej. Ile jest jednego a ile drugiego? W próżni woda wytworzyłaby parę o ciśnieniu 1·3 *cm*; w obecności powietrza wytworzy ostatecznie parę o takiemsamem ciśnieniu, jak w próżni; obecność powietrza nie ma wpływu na ciśnienie nasycenia. Gdybyśmy więc

mogli zmierzyć w butelce ciśnienie pary wodnej samej przez się i ciśnienie powietrza samego przez się, przekonalibyśmy się, że pierwsze wynosi 1·3 *cm* a drugie 74·7 *cm;* razem 76 *cm.*

W otwartem powietrzu znajduje się zawsze para wodna, albowiem woda mórz, rzek, jezior, woda znajdująca się w ziemi i w roślinach i wszelka w ogóle woda, prócz szczelnie zamkniętej, wytwarza wciąż parę. Powietrze więc w pokoju ma w sobie również parę wodną a nawet często zawiera jej więcej, gdyż wytwarzamy parę, oddychając, wytwarza ją każdy płomień i t. d. Przypuśćmy, że w pewnym pokoju jest tyle pary wodnej, iż sama przez się wywierałaby ona ciśnienie np. 0·9 *cm;* temperatura powietrza niech wynosi 15°. Ciśnienie nasycenia dla 15° równa się 1·3 *cm*, zatem para nie będzie się skraplała a woda ciekła w tym pokoju będzie parowała. Ale przypuśćmy, że wnieśliśmy do tego pokoju jakieś zimne ciało, np. karafkę pełną śniegu. Powietrze, stykające się z powierzchnią karafki, będzie się oziębiało; temperatura jego zejdzie stopniowo do 14°, do 13° i t. d.; nareszcie, gdy dojdzie do 10°, para wodna, która jest w tem powietrzu, znajdzie się pod ciśnieniem nasycenia, gdyż dla 10° ciśnienie 0·9 *cm* jest ciśnieniem nasycenia. Więc w tej temperaturze para wodna powietrza skropli się i osiądzie na karafce w postaci *rosy.* Z tego właśnie powodu w porze zimowej szyby w oknach pokrywają się rosą (lub nawet lodem) od strony wewnętrznej, od strony pokoju; ażeby temu zapobiedz, w sklepach palą małe płomyczki w pobliżu szyb w wystawach sklepowych. Jeśli drzwi z ogrzanego pokoju (a jeszcze bardziej z kuchni lub pralni) prowadzą wprost na dwór, widzimy wówczas zimą podczas mrozu, że kłęby pary buchają za otwarciem drzwi; para wodna w pokoju ma ciśnienie mniejsze niż ciśnienie nasycenia, jest więc ciałem gazowem i jest niewidzialna (§ 99.); w temperaturze zaś zewnętrznego powietrza skrapla się i tworzy chmurę, złożoną z ciekłych kropelek. Para, którą wyziewamy z płuc, nie skrapla się z tegoż powodu podczas lata, lub w ogrzanym pokoju, skrapla się zaś na mrozie.

W podobny sposób powstają *opady atmosferyczne* jak deszcz, śnieg i t. d.; zdarzają się one najczęściej z tej przyczyny, że powietrze wilgotne i ciepłe z nad ziemi podnosi się ku górze, spotyka się tam z zimnem powietrzem, skutkiem czego wydziela z siebie parę wodną w postaci ciekłej lub stałej.

§ 99. Punkty wrzenia różnych ciał.

Punkt wrzenia wody pod ciśnieniem atmosferycznem wynosi 100°; punkt wrzenia alkoholu wynosi 78°, punkt wrzenia eteru siarczanego wynosi 35°. Ciała te nazywamy więc cieczami, gdyż widujemy je zazwyczaj w temperaturach, niższych od ich punktów wrzenia. Gdybyśmy żyli w temperaturze np. 40° (w krajach gorących zdarzają się takie upały), eter siarczany byłby dla nas ciałem gazowem. Zupełnie podobnie mają się rzeczy np. z powietrzem, z tą tylko różnicą, że punkt wrzenia powietrza leży nadzwyczaj nizko, mianowicie o 190 stopni pod zerem, czyli w −190°; w tej temperaturze zatem powietrze się skrapla. W temperaturach, w których żyjemy, powietrze znajduje się mniej więcej o 200 ponad swym punktem wrzenia, dlatego jest dla nas ciałem gazowem. Metale, przeciwnie, mają bardzo wysokie punkty wrzenia. Rtęć topi się w −39°, wre zaś w 357°; cynk, który topi się w 415, wre około 950°. Inne metale wrą jeszcze wyżej i w ogniu naszych pieców nie dochodzą do wrzenia; ale na słońcu znajdują się takiesame metale jak na ziemi; są one tam wszystkie ciałami gazowemi wskutek niezmiernie wysokich temperatur, jakie tam panują.

114

122

-ją ludzie,

w

w tym pokoju

, znajdująca się w pobliżu karafki,

110

(opady atmosferyczne)

ochładza się przez to lub

116 Tablica punktów wrzenia

(t. zw.

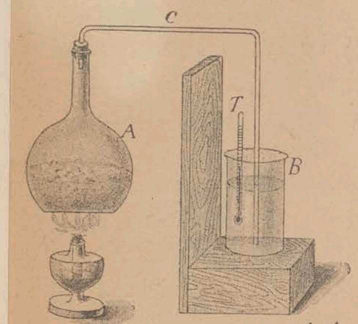
stopni

412°

na słońcu

§ 11. Ciepło parowania.

Do naczynia B (rys. 99, str. 88) wprowadźmy kilogram wody, mającej temperaturę 0°; naczynie to ochrońmy złymi przewodnikami od dopływu ciepła z zewnątrz, zwłaszcza od płomienia. Przez rurkę C wpuszczajmy do B parę wodną, która wytwarza się w A. Bańki pary z początku nikną w wodzie lodowatej, później przechodzą coraz łatwiej, nareszcie, gdy temperatura w B dojdzie do 100°, przestają się skraplać. Zważmy wodę w naczyniu B, gdy temperatura dojdzie do 100°; przekonamy się, że przybyło jej 187 gramów. A zatem 187 gramów pary wodnej przyniosło ze sobą i oddało wodzie zimnej w B ilość ciepła, potrzebną do ogrzania kilograma wody od 0° do 100°, czyli 100 kaloryi; więc 1 gram pary oddał $\frac{100}{187}$ czyli 0·536 kaloryi a kilogram pary oddałby 536 kaloryi. Widzimy więc, że kilogram pary wodnej, skraplając się, oddaje swemu otoczeniu 536 kaloryi. Odwrotnie też *potrzeba doprowadzić 536 kaloryi, ażeby zamienić kilogram wody ciekłej, mającej 100°, na kilogram pary, również mającej 100°.* Ta ilość ciepła nazywa się *ciepłem parowania* wody. Widzimy, że jest ono podobne do ciepła topliwości (§ 85.). Przechodząc ze stanu stałego w stan ciekły, ciało pochłania ciepło topliwości; przechodząc ze stanu ciekłego w stan gazowy, pochłania ciepło parowania. Ciepło parowania wody jest bardzo znaczne; to też pomimo, iż woda paruje bardzo powoli w zwykłej temperaturze, czujemy chłód, gdy kropla wody ulatnia się na dłoni. Ażeby mieć wodę chłodną podczas upałów, dość owinąć karafkę wody w wilgotną serwetę i wystawić ją na wiatr lub dmuchać na nią mieszkiem. Alkohol a jeszcze bardziej eter siarczany ulatniają się prędzej od wody w zwykłej temperaturze; bliżej im w tych temperaturach do punktu wrzenia, wytwarzają więc parę o większem ciśnieniu. Dlatego też alkohol i eter, ulatniając się, chłodzą bardzo znacznie, choć ich ciepło parowania jest mniejsze, niż wody; kropla eteru sprawia na dłoni wrażenie zimna. Zwilżywszy kapsułkę miedzianą od spodu wodą, nalawszy w nią eteru i kierując na eter silny prąd powietrza, możemy zamrozić wodę, która przylgnęła do kapsułki. Doświadczenie to objaśnia zasadę sztucznego wyrabiania lodu, które w wielkich miastach często się praktykuje.



Rys. 99. 134.

§ 18. Zamiana pracy na ciepło.

Przypomnijmy sobie treść §§ 17. do 23. Przekonaliśmy się w nich, że *praca nie ginie.* Praca, wydana np. na skręcenie sprężyny, na podniesienie kamienia, na rzucenie kuli, nie ginie, nie jest stracona; albowiem sprężyna skręcona ma energię, kamień podniesiony ma energię, kula biegnąca ma energię t. j. może zwrócić nam pracę wydaną. Ale kiedy przesuwamy np. skrzynię po podłodze, wówczas na przezwyciężenie tarcia musimy wydać pewną ilość pracy; a czyż skrzynia przesunięta ma energię? czy może zwrócić nam pracę wydaną? Zapytujemy: Co w ogóle dzieje się z pracą, idącą na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia? Praca nigdy nie ginie; więc praca, którą wydajemy na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia, musi się w coś przeobrażać czyli na coś zamieniać. Istotnie; *zamienia się ona na ciepło.* Przypomnijmy sobie, że każda oś w powozie, wagonie kolejowym, czy jakiejkolwiek maszynie, grzeje się przez tarcie o panewkę; ażeby tego uniknąć, staramy się zmniejszyć tarcie, smarując trące się powierzchnie. Przyciskajmy kawałek żelaza do obwodu koła, które się

115

116
124

prędko obraca a rozgrzejemy żelazo tak znacznie, że niepodobna będzie utrzymać go w dłoni. Dzicy nie innym sposobem, jak tarciem, rozniecają ogień a i my posługujemy się tym sposobem, ażeby zapalić zapałkę t. j. ażeby doprowadzić jej łebek do temperatury, w której zaczyna się palić. Gdy przesuwamy więc skrzynię po podłodze, pewna ilość ciepła niewątpliwie musi powstawać i temperatura skrzyni i podłogi musi nieco się podnosić, choć tak nieznacznie, że potrzebaby użyć czułych przyrządów, ażeby się o tem przekonać.

Widzimy zatem, że przez tarcie praca zamienia się na ciepło. Gdy kowal uderza ciężkim młotem sztabę żelazną, praca jego mięśni zamienia się z początku na energią ruchu, następnie ta energia podczas uderzenia zamienia się na ciepło. Widzimy w nocy, że iskry wyskakują koniom na bruku z pod podków; to dowodzi, że uderzenie żelaza o kamień jest zdolne nie tylko odłupać drobny odłamek kamienia, lecz i rozgrzać go do białości. Potrząsając mocno butelką, w której jest woda, możemy podnieść temperaturę wody o kilka stopni. *Wszelka energia zamienia się łatwo na ciepło.*

↓ jak gdyby chętnie,

§ 99. Z pewnej ilości pracy otrzymuje się zawsze pewną ilość ciepła.

119

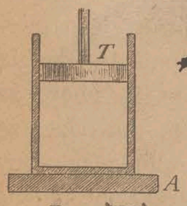
Ażeby podnieść kilogram o wysokość metra, trzeba wykonać pracę, znaną kilogrammetrem, którą, jak wiadomo z § -go obiera się często za jednostkę pracy.

Z wielu doświadczeń uczeni przekonali się, że z 425 kilogrammetrów pracy otrzymuje się zawsze 1 kaloryę ciepła, jeśli praca całkowicie zamieniła się na ciepło. Żeby otrzymać 2 kalorye, trzeba 850 kilogrammetrów; żeby otrzymać 3 kalorye, trzeba 1275 kilogrammetrów i t. d. Przeciwnie, z 1 kilogrammetra otrzymuje się $\frac{1}{425}$ część kaloryi i t. d. Wystawmy sobie np., że kilogram wody spada na podłogę kamienną z wysokości 425 metrów. Praca, którą wykonała siła ciężkości, ściągając kilogram ku dołowi, wynosi 425 kilogrammetrów, powinno się więc pojawić w owym kilogramie ciepło w ilości jednej kaloryi. Ponieważ jest to kilogram wody, więc temperatura podniesie się o 1 stopień; gdyby ciepło 425 kilogrammetrów pracy pojawiło się w kilogramie miedzi, ilość jego wynosiłaby znowu 1 kaloryę, ale temperatura podniosłaby się o 10 stopni (por. § 105.); gdyby to był kilogram rtęci, podniosłaby się o 30 stopni (§ 105.). Zatem podniesienie temperatury zależy od rodzaju ciała, ale ilość ciepła utworzonego nie zależy ani od rodzaju ciała, ani od niczego innego, jak tylko od ilości pracy, przeobrażonej na ciepło.

7 ciepła
⊥ pracy
Ⅱ wytworzone z
H ciepła tego
T wy-

§ 100. (120.) Zamiana ciepła na pracę.

Rozgrzejmy jakiebądź ciało tarciem lub szeregiem uderzeń. Wydaliśmy na to pewną pracę; lecz praca ta nie jest stracona. Ciało gorące nawzajem może teraz wykonać pracę, do której zimne nie byłoby zdolne. ~~Rozgrzejmy np. płytkę A tarciem lub szeregiem uderzeń i postawmy na niej~~ walec metalowy, w którym porusza się gładko szczelny tłok T (rys. 100.); w walcu znajduje się, przypuśćmy, powietrze. Podniesiona temperatura płyty udzieli się przez dno walca powietrzu; powietrze zacznie się rozszerzać, będzie podnosiło tłok wbrew zewnętrznemu ciśnieniu atmosfery, będzie więc wykonywało pracę. Albo też, gdyby nieco wody znajdowało się w walcu, wówczas pod działaniem przenikającego ciepła woda parowałaby, ciśnienie pod tłokiem wzrastałoby i moglibyśmy znowu uzyskać pewną ilość pracy. Widzimy więc, że praca, wydana na rozgrzanie jakiegobądź ciała, nie jest stracona; *ciało go-*



Rys. 100.

L Wyobraźmy sobie np., że płytka A została rozgrzana tarciem lub szeregiem uderzeń i że postawiono na niej* 135.

L przeciwko

117

125

ły ma energię i nawzajem może wykonać pewną pracę, byleby mogło odstąpić swego ciepła ciału zimniejszemu od siebie, np. powietrzu, które się przez to rozszerzy, lub wodzie, która będzie przez to parowała. Jak sprężyna musi się rozkręcać, żeby wydać swoją energię, jak kamień podniesiony musi się obniżyć, żeby wydać swoją energię, jak pocisk biegnący musi się zatrzymać, żeby wydać swoją energię, podobnież ciało gorące musi oddać ciepło, żeby wydać swoją energię i temsamem wykonać pracę.

§ 121. Z pewnej ilości ciepła otrzymuje się zawsze pewną ilość pracy.

Wyobraźmy sobie, że w walcu, rys. 135., znajduje się pod tłokiem powietrze i że ogrzewamy je o 100°. Możemy przytem bądź pozwolić rozszerzać się powietrzu; bądź też możemy nie pozwolić mu się rozszerzać, utwierdziwszy np. tłok w miejscu. W pierwszym razie powietrze, ogrzewając się, będzie wykonywało pracę; w drugim razie powietrze będzie się tylko ogrzewało i nie będzie wykonywało pracy. *To też w pierwszym razie powietrze będzie pochłaniało więcej ciepła niż w drugim; różnica jest ilością ciepła, jaka w pierwszym razie zamienia się na pracę.* Przypuśćmy np., że w walcu pod tłokiem znajduje się 1 m^3 powietrza o temperaturze 0° i że powierzchnia tłoka ma 1 m^2 rozległości. W takim razie tłok znajduje się w odległości 1 *m* od dna walca w 0° i posuwa się do odległości 1·37 *m* w 100°, jeśli pozwalamy powietrzu rozszerzać się swobodnie pomiędzy 0° a 100° (§ 96.). Lecz z § 48. wiadomo, że ciśnienie atmosferyczne, które tłok, posuwając się, musi przezwyciężać, cięży na nim tak, jak gdyby 10260 *kg* na nim leżało. A więc, rozszerzając się od 0° do 100°, powietrze jak gdyby podnosi 10260 *kg* o wysokość 0·37 *m*, wykonywa więc pracę 3796·2 kilogrammetrów. Ta praca bierze się, jak powiedziano, z nadmiaru ciepła, jakie powietrze pochłania, gdy ogrzewa się, rozszerzając się swobodnie. Owóż wiadomo, że metr sześcienny powietrza pochłania 8·93 kaloryi więcej, gdy rozszerza się, niż gdy nie rozszerza się, ogrzewając się o 100°. A zatem z 8·93 kaloryi powstaje tu 3796·2 kilogrammetrów; innemi słowy, z 1 kaloryi ciepła powstaje 425 kilogrammetrów pracy, taksamo, jak z 425 kilogrammetrów pracy powstawała 1 kalorya ciepła (§ 99.).

Gdybyśmy kazali powietrzu rozszerzać i wykonywać pracę a nie doprowadzali mu z zewnątrz ciepła, powietrze wydałoby na wykonanie tej pracy część swego własnego ciepła t. j. oziębiłoby się. Dlatego ciało gazowe, które zmuszamy do rozszerzania się, oziębia się. Ażeby to okazać, nasyćmy powietrze pod kloszem pompy pneumatycznej parą wodną (zawiesiwszy pod nim na czas pewien np. arkusz wilgotnej bibuły); następnie pociągnijmy powietrze pompą. Oziębienie powietrza zdradzi się natychmiast obłoczkiem, który dowodzi, że część pary wodnej uległa skropleniu.

Ш 121. Wyobraźmy 135.

138

Ш 119

10260 ·37 71820 30780 379620 35772 22242 17860 45600 44650 8·93 425

§ 122. O maszynach parowych

~~(Про машини ...)~~

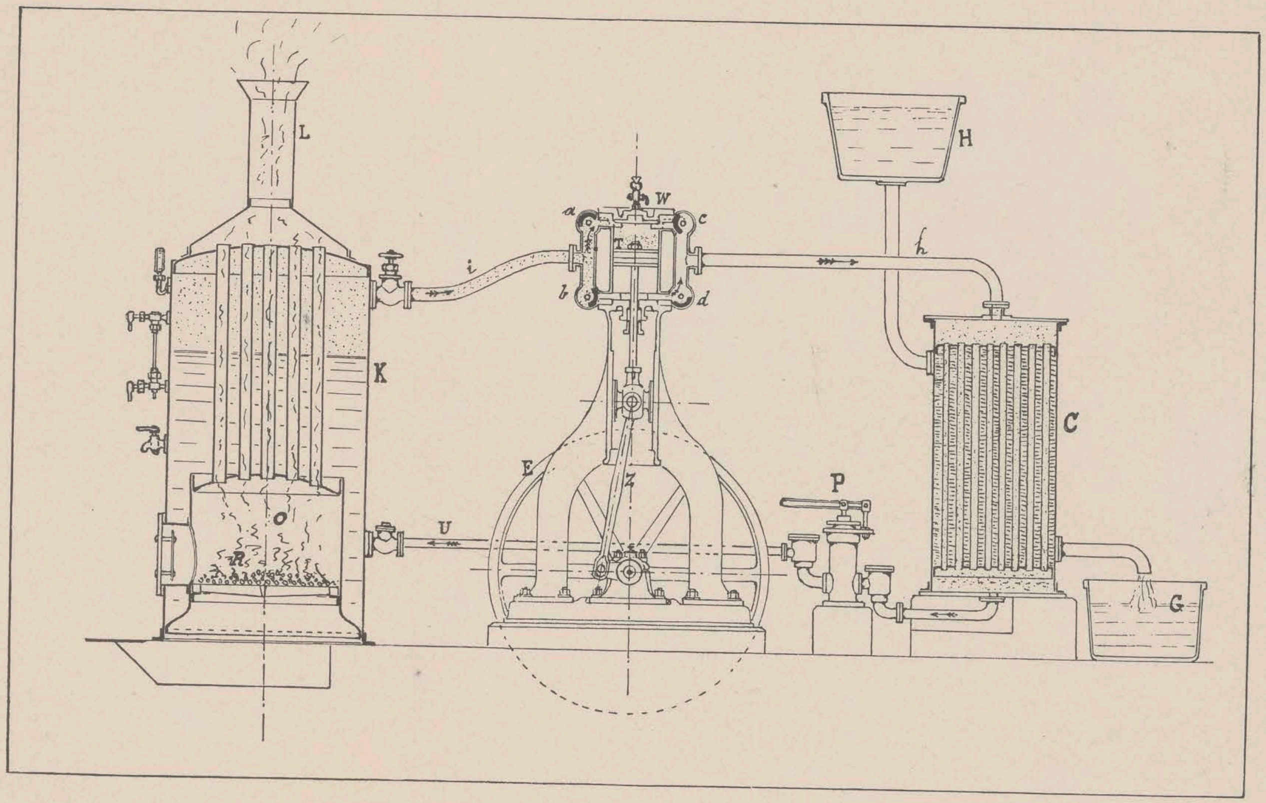
Maszyny parowe bywają rozmaitej budowy; zawsze jednak składają się z następujących części istotnych: kocioł [Котел] wraz z ogniskiem [огнище] (K, O na rys. 136-ym); walec parowy czyli cylinder (W), w którym porusza się tłok [толок] (T); chłodnica czyli kondensator [конденсатор] (C) oraz pompa (P). Rysunek 136., na którym widzimy wszystkie te części składowe, wyobraża, z pewnemi uproszczeniami, rzeczywiste urządzenie maszyny parowej. W kotle K znajduje się woda. Pod działaniem ciepła ogniska woda ta wytwarza parę, która rurą i udaje się do walca W. Do tego walca ma ona, jak widzimy z rysunku, dostęp dwojaki: bądź przez wentyl [заслонка] (czyli rodzaj kurka) a, przyczem dostaje się nad tłok T, bądź też przez wentyl b, przyczem dostaje się pod tłok T. W pierwszym razie para pcha tłok ku dołowi, w drugim wypycha go ku górze. Urządzenie tych wentyli a, b jest takie, że, gdy jeden jest otwarty, drugi jest zamknięty. Dla wypływu pary z walca istnieją podobnie dwie drogi, jedna przez wentyl c z nad tłoka, druga przez wentyl d z pod tłoka. Te znowu są tak zbudowane, że d otwiera i zamyka się wraz z a, c zaś otwiera i zamyka się wraz z b. Otwieranie i zamykanie się wentyli a i d, oraz b i c (drogą nie pokazaną na rysunku) łączy się z ruchem tłoka T i rękojeści Z, która idzie za tłokiem. Para więc, napływająca z kotła, bądź zastaje a i d otwarte, b i c zamknięte, wypycha więc tłok T ku dołowi, (takie właśnie położenie rzeczy widzimy na rysunku); bądź też zastaje a i d zamknięte, b i c otwarte, a wówczas wypycha tłok T ku górze. W obu razach dawna para, „zużyta" (w pierwszym razie z pod tłoka, w drugim razie z nad tłoka) zostaje wydalana, przez rurę h, do chłodnicy C, gdzie, oziębiana przez przepływającą (z H do G) zimną wodę, skrapla czyli „kondensuje" się i w postaci wody ciekłej, działaniem pompy pomocniczej P (przez rurę U) bywa przepompowywana do kotła K. Ruch tłoka T za pośrednictwem rękojeści Z, przenosi się na oś, na której osadzone jest koło rozpędowe E.

Wyobraźmy sobie, że ognisko, np. w ciągu godziny, udzieliło wodzie w kotle pewnej ilości ciepła, np. pewnej oznaczonej liczby kaloryj. Ta ilość ciepła zamieniła więc pewną oznaczoną masę wody ciekłej w parę. Para ta w walcu wykonywała pracę, w chłodnicy skraplała się napowrót na wodę ciekłą (przyczem oddawała ciepło),

przylepiony na odwrotnej stronie

NB. [W tem miejscu rysunek 136, który sam zajmie całą jedną stronę druku] (Nowy)

Rys. 136.



nareszcie, jako ciecz, powracała do kotła. Tym sposobem woda ulegała szeregowi przemian takich, iż ostatecznie powracała do stanu początkowego, jaki miała w kotle. W tym szeregu przemian woda najprzód (w kotle) pobierała pewne ilości ciepła, następnie wykonywała (w walcu) pewne ilości pracy, nareszcie oddawała (w chłodnicy) pewne ilości ciepła. Ilość ciepła, pobieranego (w kotle), musi być większa, niż ilość ciepła, oddawanego (w chłodnicy); a mianowicie o tyle, ażeby na każdy kilogram-metr pracy, wykonanej przez parę, przypadała $\frac{1}{425}$ część kalorji przewyżki (nadwyżki) ciepła pobranego po nad oddane. Tego możemy być pewni na mocy zasad, wyjaśnionych w dwóch poprzedzających artykułach.

Ztąd dalej wynika, że z całkowitej ilości ciepła, pobieranego przez wodę w kotle, jedna część zamienia się na pracę, druga zaś przenosi się poprostu przez pośrednictwo wody z ogniska do chłodnicy. Jednak nie można bynajmniej uważać tego przenoszenia się ciepła z ogniska do chłodnicy za prostą stratę materyału opałowego. Działanie chłodnicy jest zupełnie istotne. Gdybyśmy nie rozporządzali źródłem zimna, jakiem jest chłodnica, gdybyśmy nie mogli skraplać pary „zużytej", nie moglibyśmy dopuszczać do walca coraz nowej pary, świeżej, jeszcze nie „wypracowanej." Moglibyśmy wówczas podnieść tłok raz jeden do góry, lecz nie bylibyśmy w stanie wprawić go w ruch ciągły, okresowy. Ażeby ten skutek osiągnąć, nie dosyć jest pozwolić pewnej ilości ciepła zamienić się na pracę, trzeba jednocześnie innej ilości ciepła pozwolić przejść z ciała cieplejszego do ciała zimniejszego, jak tutaj: z ogniska do chłodnicy. —

(str. 120)

120
128

H 123.

§ ~~104~~. Ciepło jest pewnego rodzaju energią.

Czemże jest ciepło? Co przechodzi z płomienia lampy na lód, zamienia lód na wodę, obraca wodę w parę?

Ciepło nie jest żadnem ciałem, bo nie posiada masy. Wiemy, że ciało gorące nie ma większej masy, niż kiedy jest zimne (§ 15.). Z jednego kilograma lodu powstaje 1 *kg* wody a nie więcej; podobnież z jednego kilograma wody ciekłej powstaje 1 *kg* pary wodnej a nie więcej.

Ciepło jest pewnego rodzaju energią, albowiem trzeba wydać pracę, ażeby powiększyć ilość ciepła, zawartą w pewnem ciele; albowiem nawzajem takie ciało może wówczas wykonać pracę, do której przedtem nie było zdolne.

u 93

(Koniec rozdz. IV)